



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis del terreno natural -aplicando material geosintético mejorando su  
resistencia para la base granular de la carretera de Yangas – Lima 2017

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Ramírez Zevallos, José César

**ASESOR:**

Mg Córdova Salcedo Felimón

**LINEA DE INVESTIGACION:**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

**LIMA – PERU**

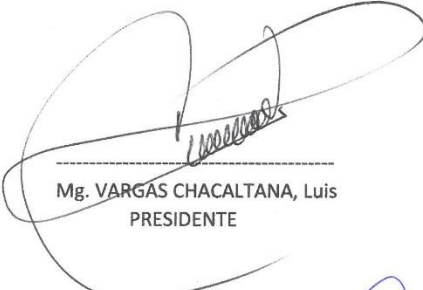
**2017**

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 03-07-2018 Página : 1 de 1
---	--	---


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) **Ramírez Zevallos José César**, cuyo título es: **"Análisis del terreno natural aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas – Lima 2017"**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: .....15..... (número) .....QUINCE..... (letras).

Lima 03 de **Julio** del **2018**

  
Mg. VARGAS CHACALTANA, Luis  
PRESIDENTE

  
Mg. RÍOS DÍAZ, Orlando Hugo  
SECRETARIO

  
Mg. CÓRDOVA SALCEDO, Felimón Domingo  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

### **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación va dedicado para mis padres, por ser las personas más primordiales en mi formación e impulsarme a salir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por apoyarme incondicionalmente en cada paso que doy.

Al ingeniero Felimon Córdova, por haberme guiado en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

Y también agradezco a las personas que estuvieron en el momento preciso para apoyarme.



## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, **José César Ramírez Zevallos**, con DNI n° **70572841**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 24 de mayo del  
2018



José César Ramírez Zevallos

## **PRESENTACION**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “Análisis del terreno natural aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de yangas - Lima 2018”, la misma que dejo a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

**José César Ramírez Zevallos**

ÍNDICE	Pág
Carátula	
Páginas Preliminares	
Página de Jurado	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Declaratoria de Autenticidad	V
Presentación	VI
Índice	
Índice de tablas	X
Índice de Figuras	XI
Resumen	XIII
Abstract	XIV
I. INTRODUCCCIÓN	
1.1.Realidad problemática	16
1.2.Trabajos Previos	18
1.2.1. Antecedentes	18
1.2.1.1.Antecedentes Internacionales	18
1.2.1.2.Antecedentes nacionales	19
1.3.Teorías Relacionadas al Tema	21
1.3.1. Terreno natural aplicando material geosintético	21
1.3.1.1.Análisis granulométrico	28
1.3.1.1.1. Grava	28
1.3.1.1.2. Arcilla	29
1.3.1.2.Clasificación de suelos	29
1.3.1.2.1. SUCS	30
1.3.1.2.2. AASHTO	32

1.3.1.3.Límite de Consistencias físicas	32
1.3.1.3.1. Limite liquido	33
1.3.1.3.2. Limite plástico	33
1.3.1.3.3. Índice de plasticidad	33
1.3.2. Mejorar la resistencia para la base granular	33
1.3.2.1.Relación de soporte de california	34
1.3.2.1.1. Expansión	35
1.3.2.1.2. Absorción	35
1.3.2.1.3. CBR	35
1.3.2.2. Optimo contenido de humedad	36
1.3.2.2.1. Máxima densidad seca	37
1.3.2.2.2. Contenido de humedad	37
1.4.Formulación de Problema	38
1.4.1. Problema general	38
1.4.2. Problema específico	38
1.5.Justificación del estudio	38
1.5.1. Justificación teórica	38
1.5.2. Justificación practica	38
1.6.Objetivos	39
1.6.1. Objetivo general	39
1.6.2. Objetivos específicos	39
1.7.Hipótesis	39
1.7.1. Hipótesis general	39
1.7.2. Hipótesis específicos	39
II. MÉTODO	
2.1.Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación	41
2.1.1. Diseño de investigación	41
2.1.2. Tipo de investigación	41

2.1.3. Nivel de investigación	41
2.1.4. Enfoque de la investigación	42
2.2. Variables, Operacionalización	42
2.2.1. Variables	42
2.2.2. Operacionalización de la variable	42
2.3. Población y muestra	44
2.3.1. Población	44
2.3.2. Muestra	44
2.3.3. Muestreo	44
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	44
2.4.1. Técnicas de recolección de datos	44
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos	45
2.4.3. Validez	46
2.4.4. Confiabilidad	46
2.5. Método de análisis de datos	46
2.6. Aspectos éticos	50
III. RESULTADOS	
IV. DISCUSIÓN	
V. CONCLUSIONES	
VI. RECOMENDACIONES	
ANEXOS	

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>Pág</b>
Tabla 1. <i>Tabla de CBR de la sub-rasante</i>	22
Tabla 2. <i>Tabla de CBR de la sub-base</i>	22
Tabla 3. <i>Tabla de CBR de la base</i>	23
Tabla 4. <i>Tabla de CBR de la estructura de pavimento</i>	36
Tabla 5. <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	43
Tabla 6. <i>Ensayo de laboratorio</i>	45
Tabla 7. <i>Análisis granulométrico</i>	52
Tabla 8. <i>Clasificación de suelos de la carretera Yangas</i>	53
Tabla 9. <i>Límite de constancias físicas de la carretera Yanga</i>	54
Tabla 10. <i>Exposición de suelo de Yangas</i>	54
Tabla 11. <i>Absorción del suelo de Yangas</i>	55
Tabla 12. <i>CBR del suelo de Yangas</i>	56
Tabla 13. <i>Expansión del suelo con geomalla entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas</i>	57
Tabla 14. <i>Absorción del suelo con geomalla entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas</i>	58
Tabla 15. <i>CBR del suelo con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas</i>	59
Tabla 16. <i>Expansión del suelo con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> capa de Yangas</i>	60
Tabla 17. <i>Absorción del suelo con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> capa de Yangas</i>	61
Tabla 18. <i>CBR del suelo con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> capa de Yangas</i>	62
Tabla 19. <i>Expansión del suelo con geomalla entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa de Yangas</i>	63
Tabla 20. <i>Absorción del suelo con geomalla entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa de Yangas</i>	64
Tabla 21. <i>CBR del suelo con geomalla entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa de Yangas</i>	65
Tabla 22. <i>Variación de exposición del suelo de Yangas</i>	67
Tabla 23. <i>Variación de absorción del suelo de Yangas</i>	68
Tabla 24. <i>Variación de CBR del suelo de Yangas</i>	69
Tabla 25. <i>Resultados de expansión y absorción del suelo de Yangas</i>	74
Tabla 26. <i>Resultados de CBR 95% del SN de Yangas</i>	77

<b>ÍNDICE DE FIGURA</b>	<b>Pág</b>
<i>Figura 1.</i> Actualidad de la carretera Yangas	16
<i>Figura 2.</i> Estructura del pavimento flexible	21
<i>Figura 3.</i> Refuerzo con geomalla en estructura del pavimento	25
<i>Figura 4.</i> Confinamiento lateral	26
<i>Figura 5.</i> Distribución de esfuerzos	27
<i>Figura 6.</i> Suelos y cimentaciones	30
<i>Figura 7.</i> Cuadro de clasificación SUCS	31
<i>Figura 8.</i> Sistema de clasificación AASHTO	32
<i>Figura 9.</i> Molde para CBR	36
<i>Figura 10.</i> Óptimo contenido de humedad	37
<i>Figura 11.</i> Curva granulométrica de la carretera de Yangas	53
<i>Figura 12.</i> Expansión del suelo natural de Yangas	54
<i>Figura 13.</i> Absorción del suelo natural de Yangas	55
<i>Figura 14.</i> Molde para CBR del suelo natural de Yangas	56
<i>Figura 15.</i> CBR del suelo de Yangas	56
<i>Figura 16.</i> Expansión del suelo de Yangas con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	57
<i>Figura 17.</i> Absorción del suelo de Yangas con geomalla entre 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	58
<i>Figura 18.</i> Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	59
<i>Figura 19.</i> CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	59
<i>Figura 20.</i> Expansión del suelo de Yangas con geomalla entre 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	60
<i>Figura 21.</i> Absorción del suelo de Yangas con geomalla entre 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	61
<i>Figura 22.</i> Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	62
<i>Figura 23.</i> CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	62
<i>Figura 24.</i> Expansión del suelo de Yangas con geomalla entre 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	63
<i>Figura 25.</i> Absorción del suelo de Yangas con geomalla entre 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	64
<i>Figura 26.</i> Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	65

<i>Figura 27.</i> CBR del suelo de Yangas con geomalla entre 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	65
<i>Figura 28.</i> Procto modificado	66
<i>Figura 29.</i> Variación de expansión del suelo de Yangas	67
<i>Figura 30.</i> Variación de absorción del suelo de Yangas	68
<i>Figura 31.</i> Variación de CBR al 95% del suelo de Yangas	70
<i>Figura 31.</i> Variación de CBR al 100% del suelo de Yangas	71
<i>Figura 33.</i> Resultados de CBR de la tesis de Núñez (2016)	74



## **RESUMEN**

El proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar la relación que hay entre el terreno natural aplicando material geosintético y el mejoramiento de su resistencia para la base granular ubicada en la carretera de Yangas. La metodología utilizada en la presente investigación es de tipo aplicada. La investigación está basada en la recolección de información detallada del tema, para luego realizar un conjunto de ensayos en laboratorio, y basándose en el RNE - CE.010 se podrá saber el valor del CBR que se requiere en el ensayo, ya que aún no existe norma alguna que permita la utilización de las geomallas en la construcción de carreteras; además el diseño de la investigación es experimental, debido a que se tuvo que manipular una de las variables para poder llegar a el objetivo de la investigación. Las geomallas biaxiales fueron colocadas entre capas, hasta llegar a la superficie, cada capa tenía una altura de 2.5cm; los resultados demostraron que al colocar el material geosintético entre las dos últimas capas (7.5cm) aumenta el CBR a comparación del terreno natural sin geomalla. Se concluyó que colocar la geomalla biaxial en la superficie es más beneficioso, ya que se obtiene mayor CBR lo cual implica una mayor resistencia soportada por el suelo, por lo que se recomienda el uso de la geomalla biaxial para mejorar la resistencia de los suelos.

Palabras claves: geomalla biaxial, compactación, base, terreno natural.

## **ABSTRACT**

The objective of the research project was to determine the relationship between the natural terrain by applying geosynthetic material and the improvement of its resistance for the granular base located on the Yangas road. The methodology used in the present investigation is of the applied type. The research is based on the collection of detailed information on the subject, to then perform a set of laboratory tests, and based on the RNE - CE.010, it will be possible to know the value of the CBR that is required in the test, since not yet there is no rule that allows the use of geogrids in road construction; In addition, the design of the research is experimental, due to the fact that one of the variables had to be manipulated in order to reach the objective of the research. The biaxial geogrids were placed between layers, until reaching the surface, each layer had a height of 2.5cm; the results showed that when placing the geosynthetic material between the last two layers (7.5cm) the CBR increases compared to the natural terrain without geogrid. It was concluded that placing the biaxial geogrid on the surface is more beneficial, since higher CBR is obtained, which implies greater resistance supported by the soil, so the use of biaxial geogrid is recommended to improve soil resistance.

**Keywords:** biaxial geogrid, compaction, base, natural terrain.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

El principal enfoque del Perú es la construcción de carreteras, para ello se debe tener un terreno natural resistente, siendo estas las vías de comunicación más frecuentes que contribuyen a la economía del país, en el Perú existen muchas carreteras construidas y una gran parte en estado de deterioro, esto se debe a que en el país los suelos son muy débiles para construir carreteras.

La falta de terrenos naturales con una base granular resistente en el Perú genera problemas en al momento de construir pavimentos, ya que suelen fallar y ello genera un gasto adicional al momento de repararlos o construirlos nuevamente, generando consecuentemente problemas en las inversiones de diversos sectores, tales como en la educación, en la agricultura, en el transporte, en lo económico, etc.

En la actualidad la red vial está construida por carreteras que sobrepasan los 78.000 km, las cuales normalmente tienen un terreno natural con poca resistencia y en su mayoría son pavimento flexible; el uso de la construcción con pavimento flexible se debe a que tiene un bajo costo de construcción, esto conlleva a que no se estén implementando nuevos métodos que refuercen la construcción; a diferencia en otro países que si se implementan nuevos métodos constructivos para que sus pavimentos tengan una base resistente y así tengan una mayor resistencia.



**Figura 1.** Actualidad de la carretera Yangas

Es importante tener en cuenta, que al momento de elaborar la base, se debe hacer con la finalidad de que tenga una resistencia adecuada y una buena durabilidad, para ello el uso de la malla geosintética aporta mucho, ya que tiene muchas propiedades mecánicas y físicas que dan una mejor resistencia y permite que las carreteras sean más durables.

Aun no existe una normativa en el Perú que permita el uso de las geomallas. En el país el uso para construir carreteras con geosintéticos es escaso, por otra parte hay poca experiencia con geosintéticos para construir carreteras.

El año 2017 se produjeron una gran cantidad de lluvias que afectaron a las carreteras de todo el país, algunos departamentos del Perú se declararon en estado de emergencia por las intensas lluvias que se dieron ese mismo año, arrasando todo a su paso. Este fenómeno natural produjo gran deterioro en el terreno natural y en carreteras pavimentadas de todas las provincias del Perú, ocasionando el caos en los pobladores de las diversas provincias afectadas.

Uno de los lugares afectados fue el pueblo de Yangas, las lluvias continuas hicieron que las vías del terreno natural del pueblo se deterioren, también las casas se encontraban inundadas y los pobladores desesperados por lo que estaba pasando.

Por otra parte el incremento de vehículos que transcurren (ya sea de carga pesada o liviana) en la actualidad por la carretera de yangas ha incrementado enormemente a diferencia de los años anteriores, esto se debe a que existe una gran demanda de turistas que visitan la provincia de yangas, canta, obrajillo; ya que esta carretera une a estos lugares turísticos; también el transporte de alimentos por medio de camiones.

La demanda de vehículos en conjunto con las lluvias ocurridas hacen que la carretera se deteriore, esto conlleva a que se tenga que construir nuevamente la carretera con una resistencia más adecuada, para que así tenga una mayor durabilidad y resista a los diversos cambios de estación y puedan resistir las cargas que generan los diversos vehículos que transcurren diariamente. Es por ello que se realiza el análisis al terreno natural aplicando la malla geosintética biaxial, la cual permitirá tener una mayor resistencia a la carretera de Yangas.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.1. Antecedentes**

#### **1.2.1.1. Antecedentes internacionales**

(Fiorini, 2007) “*Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras*”. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. En donde se plantea como objetivo el análisis de las diversas utilidades que tiene los geosintéticos al momento de construir una carretera, y a la vez los usos que tiene el material para solucionar problemas ocurridos en una construcción de carretera. De tal forma se realizó una recopilación de información que pueda dar solución al problema. Se llegó a la conclusión que con el aprovechamiento de los geosintéticos se alcanza a disminuir espesores que se encuentran ubicados en la estructura del pavimento (base, sub-base), siendo de menor proporción la utilización de agregados pétreos, con esta reducción se conserva el medio ambiente y se reduce la contaminación ambiental; asimismo se consigue alcanzar un rendimiento mejorado por medio de una carga dinámica de tráfico, aumentando la facultad de carga que soporta el pavimento, disminuyendo la posibilidad de creación de surcos, adulteramiento del relleno de carreteras y diversas fallas por medio de esfuerzos cortantes; todo esto es debido a que excede la capacidad portante de la sub-rasante. El autor recomienda que los geotextiles no tejidos se deben usar únicamente para drenaje y separación, también recomienda que para que logre un mayor beneficio se debe usar en las características y propiedades adecuadas.

(Soto, 2009) “*La aplicación de geosintéticos a terraplenes*”. Tesis para optar el grado de Magister en ingeniería civil, en donde se plantea como objetivo difundir y promocionar los geosintéticos conociendo los beneficios y usos que tiene el material, por medio de una explicación sencilla, concreta y técnica. Con este propósito se realizó la recopilación de información de diversas páginas y libros que puedan estructurar la información de los geosintéticos. La investigación tiene como conclusión, de que la colocación de algunos productos geosintéticos depende del diseño, impidiendo así su uso inoportuno; también concluyen que los geosintéticos poseen más de un uso. Al combinarse los geosintéticos podrían ser beneficiosos para algunos proyectos. Para ello es recomendable el consejo de algún experto o fabricantes de la empresa proveedora.

(Caballeros, 2006) “*Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible*”. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, en donde se plantea como objetivo poder conocer las diversas ventajas y aplicaciones con geomalla como posible

alternativa para que se refuerce la estructura del pavimento flexible para ello el autor hizo una recopilación de información y utilizo el programa Spectra pave 2 para diseño de estructuras de pavimentos. La investigación llega a la conclusión que al utilizar la geomalla con fibra de vidrio es más adecuada para la reducción de los espesores de una carpeta de rodadura y también que la geomalla biaxial introducida en la estructura contenida por el pavimento flexible presenta reducciones en su espesor y su costo de ejecución. El autor recomienda que no se use geomalla uní-axial como posible refuerzo en la estructura de un pavimento flexible, también recomienda implementar en las universidades los cursos de materiales de construcción relacionados con la geomallas.

#### **1.2.1.2. Antecedentes nacionales**

(Orrego, 2014) “*Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles*”. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, en donde se plantea como objetivo definir si el uso de los geosintéticos es una alternativa viable, económica, que no disminuya la resistencia estructural de la carretera. Realizándose así un diseño con tres posibles soluciones con los parámetros iguales: una de las primeras alternativas viene a ser una sección no reforzada o convencional; y las dos alternativas restantes son secciones que tienen como refuerzo las geomallas multiaxiales y biaxiales. Por consiguiente se recopiló diversas informaciones, las cuales fueron utilizadas para el estudio y la investigación, obteniendo así elementos necesarios que permitirá elaborar el diseño con geomallas para refuerzo de secciones. Se recomendó seguir al pie de la letra la información que brinda la empresa proveedora de geosintéticos. Se llegó a la conclusión de que las secciones que llevan refuerzo tienen espesores menores, a lo contrario con los que no llevan refuerzo que tienen espesores mayores.

(Núñez, 2016), “*Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos*”. Tesis para optar el grado de ingeniero civil, en donde se plantea como objetivo poder determinar el espesor de sub-base y también de la base de una vía o carretera por medio de la utilización de materiales geosintéticos, comprendiendo sus determinadas propiedades (físico-mecánicas) para así reducir el presupuesto y el tiempo en la construcción, determinando la consecuencia negativas y positivas que generará en el transcurso del tiempo. Con este propósito se realizó ensayos de CBR para delimitar las propiedades físicas-mecánicas del material sub-base. Llegando a la conclusión que la base no se disminuye en lo más mínimo ( $e = 15\text{cm}$ ) esto se debe a que cumple una función

estructural, en pocas palabras el no interviene, no presenta variación alguna (en costo y tiempo). Por otro lado en la capa estructural sub-base, se ejecutó los cálculos con la utilización de geomalla biaxial, es por ello que existe una disminución de espesor en la sub-base de 20cm a 5cm, lo que da a obtener una optimización de costo en 22.15%. Recomienda seguir con el estudio del material geo sintético en otros tipos de suelos, también recomienda hacer un estudio profundo del tema antes de poder desarrollarlo.

**(Humpiri, 2015).** *“Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno”*. Tesis para optar el grado académico de magíster en ingeniería civil, en donde se plantea como objetivo analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ. Para ello se realizó una detallada inspección minuciosa en la que se ve evidenciada el deterioro de la superficie de rodadura. Llegando a así a la conclusión que el permanente mantenimiento que se le hace a la infraestructura vial es beneficiosa, también se llegó a la conclusión que de las fallas superficiales de la zona presentan un nivel de severidad bajo. Para ello recomienda un mayor énfasis en el mantenimiento vial y realicen verificaciones rutinarias permanentes

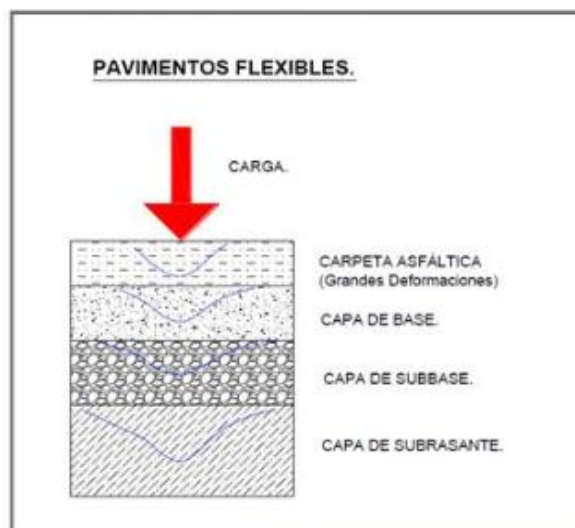


### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Terreno natural aplicando material geosintético

El terreno natural también llamado suelo, está compuesto por materia orgánica, minerales, aire, vegetales, agua. El terreno natural también se clasifica de acuerdo a su composición y pueden clasificarse en grava, arena, limo, arcilla; el terreno natural es distinto, en algunos lugares tiene una capacidad de resistencia más elevada que en otros, esto es porque tiene diferentes componentes químicos.

Es por eso que en la presente investigación se plantea usar el material geosintético para poder aumentar la resistencia que tiene el suelo a analizar, ya que este material geosintético tiene la propiedad de aumentar la resistencia del terreno natural.



*Figura 2.* Estructura de pavimento flexible.

#### ▪ Sub-rasante

La sub-rasante también conocida como base que sostiene la estructura del pavimento de una carretera, es la que se encarga de recibir las transmisiones, soportes y distribución uniforme de las cargas de tránsito que ejercen presión en la estructura de un pavimento. La capacidad de soporte que tenga la sub-rasante va a depender de todos los espesores que contiene la estructura del pavimento.

**Tabla 1.** *Tabla de CBR de la Sub-rasante*

Categoría de la Sub-rasante	CBR (%)
Pobre	$3 \leq CBR < 6$
Regular	$6 \leq CBR < 10$
Buena	$10 \leq CBR < 20$
Muy buena	$20 \leq CBR < 30$

Fuente: Elaboración propia

▪ **Sub-base**

La sub-base es la capa que cumple la función de estructura del pavimento, soporta la base y la carpeta asfáltica. La sub-base es la capa que contiene agregados pétreos o agregados naturales compactados y graduados, evitando el paso de los finos de la sub-rasante en la capa que contiene la base. Por otro lado la sub-base tiene la función de:

- Capa de drenaje del pavimento
- Controlando los cambios de volumen, plasticidad y elasticidad que tiene la sub rasante.
- Controla la elevación del agua subterránea cercana o proveniente de otro lado, previniendo la hinchazón y agrietamiento de los pavimentos.

**Tabla 2.** *Tabla de CBR de la Sub-base*

Categoría de la sub-base	CBR (%)
buena	$30 \leq CBR < 60$
Muy buena	$60 \leq CBR < 80$

Fuente: Elaboración propia

▪ **Base**

La base está ubicada por debajo de la carpeta asfáltica. La base es una de las partes de la estructura que conforma el pavimento, tiene la función de transmitir, sostener y distribuir las cargas transitorias que generan los vehículos, por lo general para la base, se construye con grava, piedra chancada o triturada.

**Tabla 3.** *Tabla de CBR de la base*

Categoría de la base	CBR (%)
Muy buena	$80 \leq CBR \leq 100$

Fuente: Elaboración propia

- **Geosintético**

Existe una entidad que tiene como fin primordial impulsar el desarrollo técnico y científico, la entidad tiene como nombre, Sociedad Internacional de los Geosintéticos (IGS). La institución tiene el objetivo de impulsar el uso de los geosintéticos en el campo de geotecnia y en el campo de ingeniería.

Geosintético es un material que tiene por lo menos un componente polímero sintético o natural. En el mundo de la construcción los geosintéticos tienen diversos campos en los cuales pueden ser aplicadas como en sistema de control de erosión, obras viales, aplicación medioambiental, obras hidráulicas, entre otros.

Los geosintéticos impiden que se sustituya un suelo con propiedades mecánicas inadecuadas para la construcción, ya sea por una poca resistencia o por las deformaciones excesivas que pueda tener. El proceso constructivo es mucho más rápido

La aplicación de geosintéticos responde algunas problemáticas de ingeniería vial presentando un conjunto de ventajas las cuales son; facilidad de colocación en obra, producto económico, ahorra del tiempo en la ejecución de obra, cualquier operario puede manipularla y posibilita soluciones medioambientales. En la mayoría de los productos de ingeniería, los geosintéticos han tenido un comportamiento y solución exitosa.

La geomalla es definida como material geosintético formado por la unión de costillas paralelas que tiene una abertura que permite la trabazón de piedra, suelo o algún otro material geotécnico que se llegue a conectar. Se utiliza el material exclusivamente en aplicaciones geotécnicas como mejoramiento en sub-rasantes, refuerzos de taludes y refuerzo en la base del pavimento.

En la actualidad en el Perú el material geosintético es importado y se encuentra disponible en un rollo de 3 o 4 metros de ancho por 50 o 75 metros de largo.

Según Zornberg. Da a conocer que:

Los geosintéticos se han utilizado en el dimensionamiento de los pavimentos para que cumplan alguna de las siguientes funciones: separación, filtro, drenaje lateral, sellado, o refuerzo. Específicamente, los geosintéticos se han utilizado en los proyectos de pavimentos para que cumplan una función de separación de modo que minimicen la intrusión de suelo de la subrasante en las capas de base o subbase. También, los geosintéticos se han utilizado para desempeñar una función de filtro de modo que restrinja el movimiento de las partículas del suelo de la capa de subbase, a la vez que permita el movimiento del agua hacia la capa adyacente de árido más grueso. La función de drenaje de los geosintéticos proporciona un drenaje lateral. Además, los geosintéticos se han utilizado para mitigar la propagación de grietas mediante el sellado de la capa de asfalto cuando se extiende una capa de regularización. (2013, p.6).

“Los geosintéticos son productos de última tecnología, que ayudan en el mejoramiento de la capacidad portante de las capas de la estructura del pavimento, control de la erosión, tratamiento de aluviales, drenaje y filtración, relleno sanitario, entre otros”. (Gavilanes, 2012, p.25).

Los geosintéticos en los pavimentos cumplen la función de separación, minimizando la intrusión en capas de sub-base o base en el suelo natural de la sub-rasante. También mitigan la prolongación de grietas por medio del sellado del asfalto. También mejoran la estructura del pavimento, filtración, erosión, drenajes, etc.

#### ❖ **Ventajas de los geosintéticos**

- Pavimento con mayor durabilidad.
- Fácil y rápido de instalar.
- Reduce el costo en su mantenimiento.
- Disminuye los suelos blandos que son inadecuados en la construcción de caminos.
- Competitividad de costos al momento de remplazar al suelo natural.
- Disminuye la cantidad del espesor y se preserva la base adecuada para la construcción de carreteras.
- Disminuye el asentamiento de la carretera, manteniendo la uniformidad y el servicio apropiado del pavimento.
- Se puede realizar diseños que antes eran casi imposibles.

Los geosintético más utilizados por la ingeniería son: Geotextiles, geomallas, geomenbranas, geoceldas, geodrenes, geomantas, geocompuestos de Bentonita.

Para el desarrollo de la tesis se utilizara el material de geomallas biaxiales.

- **Geomallas biaxiales**

Según Amanco Geosintéticos. Sostiene que:

Este tipo de Geomalla se compone de elementos y nudos rígidos en los cuales el material granular es confinado por trabazón. Descripción funcionamiento granulares sin refuerzo. Esta trabazón de agregados optimiza la distribución de esfuerzos sobre el suelo de fundación (reduciendo las deformaciones sobre éste) y restringe el desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase, aumentando y mejorando su confinamiento y resistencia. (S.f, p.4).

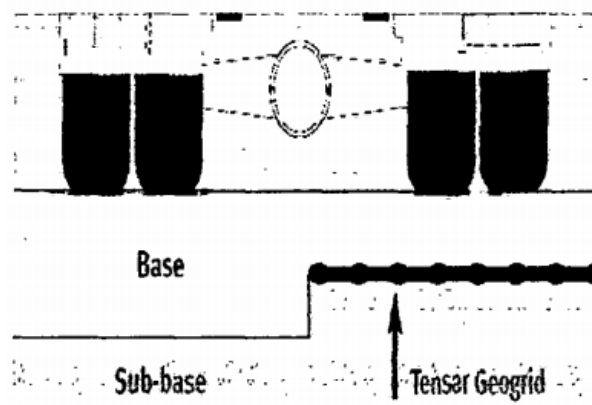
La geomalla biaxial está compuesta de nudos rígidos. El material granular será confinado por medio de trabazón, disminuyendo las deformaciones e impidiendo el paso de los agregados; al tener una trabazón del suelo con la geomalla va a provocar una disminución de esfuerzos al momento de ser distribuidos en la estructura del pavimento ocasionando una mejora en su resistencia.

- **La geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible**

Según Taipe. Da a conocer que:

Con frecuencia, las estructuras de pavimento flexible fallan prematuramente porque el material de la capa de base se esparce lateralmente de los senderos de las ruedas, produciendo el ahuellamiento, alejándose de las cargas del tránsito. Dando como resultado la rotura de la superficie del pavimento. (2012, p.30 y 31).

El pavimento flexible falla frecuentemente, porque por los senderos de las ruedas se esparce el material ubicado en la base. Al utilizar geomallas biaxial aumenta la vida útil del pavimento, aumenta la resistencia, se reduce las capas de base y se obtiene un ahorro económico constructivo y operacional, ya que la geomalla biaxial es fácil de instalar.



**Figura 3.** Refuerzo con geomalla en estructura del pavimento

- **Mecanismos de refuerzo generados por las geomallas**

“Existen tres mecanismos primordiales de refuerzo que tiene la malla biaxial”. (Palma, 2012, p.2).

- **Confinamiento lateral de la base o sub-base**

Por medio de la trabazón y la fricción de la geomalla se logra un confinamiento lateral (base o sub-base) de materiales granulares. Esto se da por que las propiedades del material granular dependerán del esfuerzo.

En la figura, se puede apreciar la trabazón que se da la geomalla con los materiales granulares.



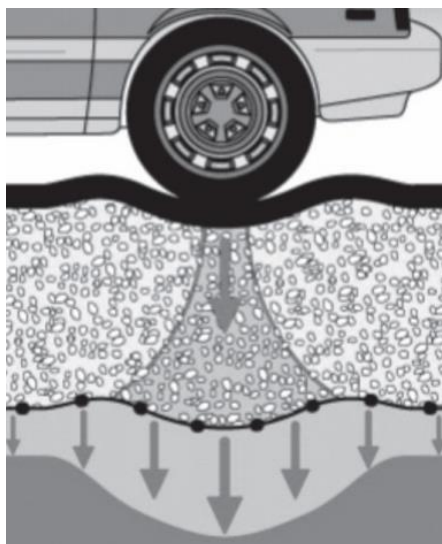
*Figura 4.* Confinamiento lateral

- **Mejoramiento de la capacidad portante**

Al desplazar la zona que contiene falla en el terreno natural blando hacia el manto granular de mucho más resistencia. Por ello este mecanismo suele ser mucho más factible en caminos sin pavimentar o también cuando el esfuerzo que ejerce por encima del terreno es elevado.

- **Membrana tensionada**

La membrana tensionada se inicia con la propiedad en las cuales el material flexible estirado (elongado), adopta una apariencia curva, esto se da por el efecto de las cargas, el esfuerzo que actúa por encima de la cara cóncava de la geomalla es mucho mayor que la presión que ejerce el esfuerzo que actúa por encima de la cara convexa, esto quiere decir que al aplicar cargas el esfuerzo vertical que es brindado por medio de la geomalla al terreno natural es mucho menos que el vertical transmitido en la geomalla. Por consiguiente, este mecanismo especialmente ocurre en los niveles deformatorios muy elevados, como los de vías que no están pavimentadas, luego de un elevado número de reiteraciones.



**Figura 5.** Distribución de esfuerzos

“El mecanismo de mayor importancia para las estructuras viales es el confinamiento lateral de los materiales granulares, mediante el cual se alcanzarían 4 beneficios principales.” (Geosoft Pavco, s.f, p.151).

- Restricción del desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase.

Se coloca una plancha o varias planchas de geomallas dentro de la capa estructural de la base que genera la interacción por medio de cortante entre la geomalla y el agregado. Mientras que la base se desplaza lateralmente, la carga por medio de la cortante es transferida empezando en los agregados hasta llegar a la geomalla, provocando así tensión en ella. La elevada rigidez del material geosintético (geomalla) desarrolla la deformación mayormente se genera en zonas donde se halla una porción diferencial de diversos tipos que tiene la estructura. La deformación lateral que tiene mucho más diminuta la sub-base o también la base, se interpreta en una minúscula deformación vertical encontrada en la superficie que tiene la vía.

- Aumento del confinamiento y de la resistencia de la base o sub-base en la vecindad del refuerzo.

Se espera que haya una rigidez en aumento en la capa con contenido granular, para ello se genera una muy favorable interacción (unión) entre la capa granular y la geomalla. El incremento en la base resultara en mínimas deformaciones (rajaduras, hundimientos) verticales dinámicas rescatables en el área de la vía, ocasionando una disminución la debilidad del pavimento.

- Mejoramiento en la distribución de esfuerzos sobre el terreno natural.

En un conjunto de sistemas estratificados, la elevación del módulo de los materiales granulares se da por un reparto de esfuerzos verticales, mucho más extensas por encima del terreno natural. Es decir, el esfuerzo vertical por encima de la sub-base y también bajo la geomalla disminuye cuando va aumentando la rigidez (dureza) que tiene la base. Todo ello se ve reflejada en una alteración superficial mínima y mucho más uniforme en el terreno natural.

- Reducción del esfuerzo y deformación por corte sobre la sub-rasante.

La reducción que se da por medio de la deformación cortante es transmitida empezando de la sub-base o base hasta llegar al terreno natural, cuando el cortante aplicada en la base genera las cargas tensionadas hasta el refuerzo, todo esto provoca una condición de esfuerzos que llevan a una mínima deformación vertical del terreno natural o también de la sub-rasante.

#### **1.3.1.1. Análisis granulométrico**

El análisis granulométrico es un procedimiento mecánico o manual el cual tiene como función seleccionar las partículas, esto se hace por medio de diversos tamices normalizados que contienen aberturas de diferentes tamaños, las cuales hacen seleccionar las partículas acorde a sus dimensiones, cada material que queda retenido se expresa en porcentaje.

Este ensayo granulométrico es muy importante, ya que por medio de este se determina qué clase de suelo se utiliza y se puede clasificar mediante los sistemas conocidos como AASHTO o USCS.

Para realizar el ensayo granulométrico se debe tener los siguientes equipos:

- Tamices normalizados con diferentes dimensiones en sus aberturas
- Horno de sacado con regulador
- Balanza
- Recipiente para colocar el material
- Escobilla pequeña para limpiar los tamices

#### **1.3.1.1.1. Grava**

Las gravas son denominadas un material pétreo que proviene naturalmente (ya sea de los ríos o al desgaste de los cerros) o por medio de trituración de rocas producidas por el ser



humano denominadas piedra partida o piedra chancada, la grava es utilizada como un material de construcción y tiene tamaños comprendidos entre 2 y 64mm.

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones. Sostiene que:

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias. (2013, p.142).

Los depósitos de materiales de grava son pocos, pueden ser provenientes de diferentes canteras, excavaciones o provenir del aplastamiento de rocas, también pueden estar conformados por la combinación de los dos productos.

#### **1.3.1.1.2. Arcilla**

La arcilla es denominada como una roca sedimentaria, puede ser una partícula suelta o en todo caso formando una masa que poco a poco se va volviendo en estado solida; la forma que tiene la arcilla puede ser armónica o no armónica, casi siempre tiene partículas finas es por ello que al mezclarse con agua llega a ser plástico y consiguientemente después de haber sido secado vuelve a su forma natural.

La arcilla tiene como característica, ser un material laminar estructural, hidróscopico, la masa que posee se expande al echar agua, por medio de la humedad se vuelve un material blando.

#### **1.3.1.2. Clasificación de suelos**

La clasificación que tienen los suelos es muy importante, esto se logra gracias al análisis granulométrico.

Según Rico y Del castillo sostienen que:

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo “clasificado”, si previamente se convierte en dar una denominación particular a las distintas fracciones, según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. (2005, p. 93).

En el desarrollo que se tuvo en la investigación se utilizó el método de SUCS y AASHTO.

### 1.3.1.2.1. SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)

El sistema SUCS es frecuentemente utilizado en geología e ingeniería, las cuales ayudan a descubrir los diversos tamaños y textura que tienen las partículas del terreno natural.

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA GRADUADA BIEN
		GP		GRAVA GRADUADA MAL
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA GRADUADA BIEN
		SP		ARENA GRADUADA MAL
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.

Figura 6. Suelos y cimentaciones

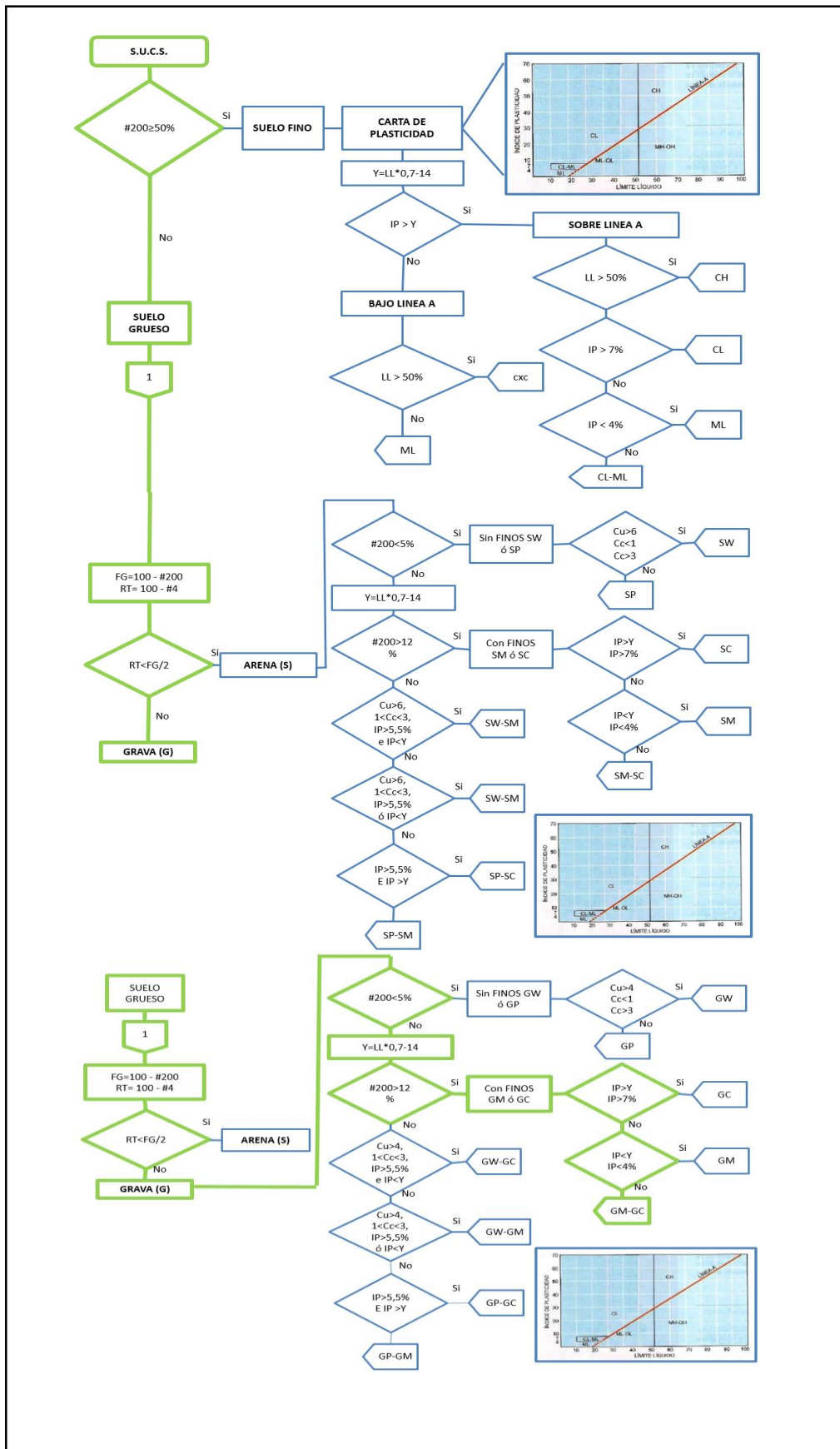


Figura 7: Cuadro de clasificación S.U.C.S

### 1.3.1.2.2. AASHTO (American Association of state Highway and transportation Officials)

Tiene la función de clasificar suelos en diferentes grupos, tomando en cuenta los resultados del análisis granulométrico y el índice de plasticidad.

Clasificación General	Suelos Granulares ( $\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)							Suelos Finos ( $> 35\%$ Bajo 0,08 mm)			
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	$\leq 50$										
0,5 mm	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$								
0,08 mm	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$				36			
$W_L$				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$							** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$				
Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$ ; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$											

Figura 8: Sistema de Clasificación AASHTO

### 1.3.1.3. Límite de consistencias físicas

También conocido como Límites de Atterberg, es un ensayo de laboratorio que se encuentra normalizado, ayuda conocer los límites de humedad que puede tener un suelo para mantenerse en un estado plástico.

Según Sanz sostiene que:

La plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, habiendo que recurrir al método descrito por el sueco Atterberg. Este método consiste en definir los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido (1975, p. 36).

Los límites de consistencias o también llamados límite de Atterberg son:

- Límite líquido (LL)
- Límite plástico (LP)

#### **1.3.1.3.1. Límite líquido (LL)**

El suelo natural pasando de estado plástico a estado líquido, para poder determinar el límite líquido y para ello es importante utilizar el instrumento denominado Casagrande.

#### **1.3.1.3.2. Límite plástico (LP)**

El límite plástico es el porcentaje de agua ubicada en una parte significativa de la muestra que está entre el estado plástico y sólido. El límite plástico es la humedad mínima en la que se podrá formar pequeños cilindros de aproximadamente 3mm de diámetro haciendo que el material ruede con ayuda de la mano hasta que el material se divida.

#### **1.3.1.3.3. Índice de plasticidad (IP)**

El índice de plasticidad se determina como la diferencia que hay entre el límite líquido y el límite de plástico

$$IP = LL - LP$$

### **1.3.2. Mejorar la resistencia para la base granular**

La base es parte de la estructura del pavimento, normalmente se encuentra en el terreno natural y pueden ser poco resistentes o muy resistentes a las diversas cargas que se puedan suscitar en el transcurso de su vida útil; para mejorar la resistencia de la base, se pueden utilizar un sinnúmero de aditivos, en la presente investigación se plantea mejorar la base con la aplicación de la geomalla biaxial la cual conjunto con la trabazón que tienen con los materiales pétreos hacen que aumentan la resistencia inicial de la base.

Según Cincire y Hernández (Sin fecha). Sostiene que:

Es una estructura compuesta de mezclas asfálticas diseñadas cada una para cumplir un fin específico. Con una vida útil superior a un pavimento asfáltico convencional, sin rehabilitación estructural importante (en particular las capas intermedia e inferior). Su aplicación es especialmente apropiada para carreteras con altos volúmenes de tránsito y como un competidor

directo de los pavimentos rígidos. Los deterioros estructurales profundos, tales como el agrietamiento por fatiga de abajo hacia arriba y/o deformación permanente en las capas inferiores se consideran poco probables, o si los hay, son mínimos.

Está compuesta por mezclas asfálticas, conteniendo materiales granulares que se encuentran en la sub-rasante, con una durabilidad superior a un pavimento asfáltico tradicional. Se aplica especialmente para carreteras de alto volumen transitorio, y le hace competencia a los pavimentos rígidos, por otra parte es poco probable que tenga fallas como pueden ser los agrietamientos de la estructura de pavimento, y si las hay son mínimas.

Para definir la geomalla, Rondón y Reyes sostiene al respecto:

Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares no tratados o ligados (base, subbase, afirmado y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación), que a su vez se soportan sobre el terreno natura o subrasante (2015, p.10).

Estos pavimentos de larga durabilidad no tienen nada que envidiar a los pavimentos rígidos. Los vehículos pesados generan cargas con una fuerza considerable que actúa contra el pavimento, esa fuerza se dispersa sobre la estructura del pavimento, siendo esta la que soportara todo el peso vehicular, para ello la resistencia mecánica del suelo debe poder resistir dicha carga vehicular sin que genere deformación alguna.

#### **1.3.2.1. Relación de soporte de california**

Este ensayo determina la resistencia que puede llegar a tener la sub-rasante, sub-base o base de un terreno natural al ser compactados en el laboratorio con una determinada humedad y diferentes procesos de compactación después de haber sido sumergida la muestra a un poso de agua unas 96 horas.

Este ensayo se realiza antes de poder empezar a construir, ya sea una edificación o una carretera asfaltada o no asfaltada. Es muy importante realizar este ensayo ya que si no se realiza, no se podrá saber cuánto es la capacidad que soporte el suelo, sabiendo la capacidad de soporte del suelo se puede investigar o analizar un material que se le implemente para que pueda agarrar una mayor resistencia, para así poder ejecutar una construcción con un suelo sólido y resistente.

#### **1.3.2.1.1. Expansión**

La expansión es un valor expresado en porcentaje que proviene del resultado del ensayo del CBR, que permite que el material se hinche de tal forma que llegue a expandirse. Si el porcentaje obtenido de la expansión es mínima será mucho mejor porque ello significa que la capacidad que el suelo posee le ayuda a mantener sus propiedades físicas y a la vez es poco influenciada en su volumen.

Implementando la geomalla biaxial se desea obtener una mayor resistencia en el terreno natural para ello se debe reducir la expansión, ya que al reducir la expansión del suelo, hace que este tenga una resistencia más elevada.

#### **1.3.2.1.2. Absorción**

La absorción es un valor que se obtiene en porcentaje y es proveniente del resultado del ensayo del CBR, es la proporción de agua que el material (molde) presenta luego de haber sido hundido en un pozo de agua durante 96 horas

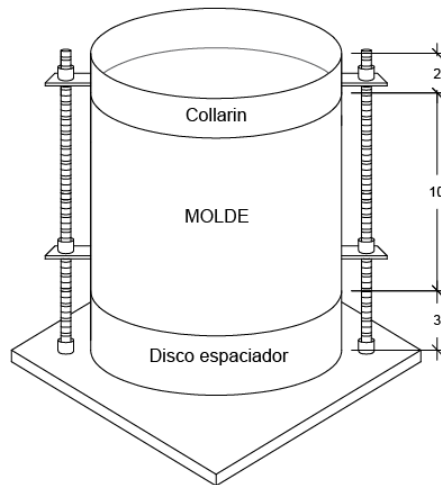
#### **1.3.2.1.3. CBR**

Según Fernández sostiene que:

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” o 0.2” de penetración, expresada en porciento en su respectivo valor estándar. También se dice que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado, si no que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. (2015, p.1)

El valor del CBR será expresado en porcentajes, y se penetrara a 0.1” y 0.2” de profundidad en el material a analizar midiendo su resistencia a 95% y 100% de la máxima densidad seca, este ensayo se puede realizar para la base, sub-base o sub-rasante.

El porcentaje de CBR variara; los porcentajes establecidos óptimos que toma el CBR están definidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE - CE.010)



**Figura 9.** Molde para ensayo de CBR

**Tabla 4.** Tabla de CBR de la estructura del pavimento

Categoría	CBR (%)	Estructura del pavimento
Pobre	$3 \leq CBR < 6$	Sub-rasante
Regular	$6 \leq CBR < 10$	Sub-rasante
Buena	$10 \leq CBR < 20$	Sub-rasante
Muy buena	$20 \leq CBR < 30$	Sub-rasante
buena	$30 \leq CBR < 60$	Sub-base
Muy buena	$60 \leq CBR < 80$	Sub-base
Muy buena	$80 \leq CBR \leq 100$	Base

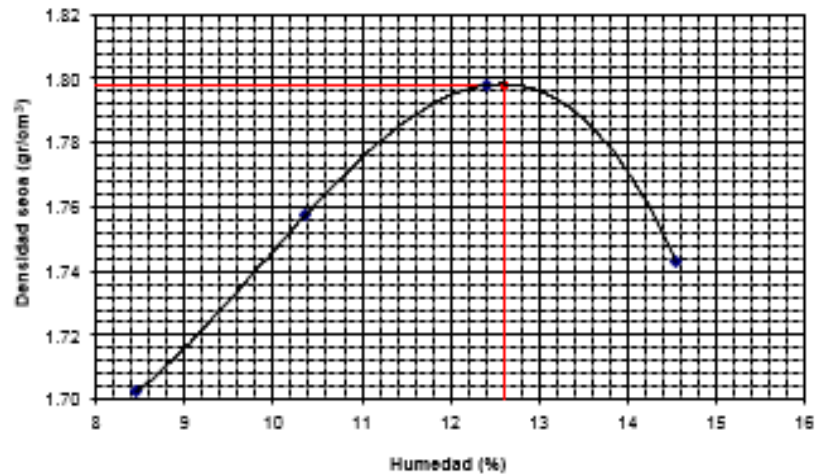
Fuente: Elaboración propia

### 1.3.2.2. Óptimo contenido de humedad

El óptimo contenido de humedad es la cantidad de sustancia líquida que tiene un terreno permitiendo poder obtener mediante compactaciones una densidad máxima.

Para poder llegar a conocer el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, se realiza un ensayo denominado Proctor modificado el cual se realiza compactando un molde cilíndrico metálico (con material) de 6" de diámetro y 6" de altura, con una fuerza de compactación de 10lb.





*Figura 10:* Óptimo contenido de humedad

#### 1.3.2.2.1. Máxima densidad seca del suelo

La máxima densidad seca de un suelo es la relación que existe entre el volumen total de un suelo y las masas de las partículas sólidas.

Según Mohedas y Moreno dan a conocer que:

Fue Proctor que durante la década de 1930 llegó a determinar la importancia que tenía el contenido de agua en la densidad lograda cuando se compactaba un suelo. Llegó a la conclusión que para cantidades crecientes de agua, se obtenía una mayor densidad seca para un mismo tipo de suelo y una misma energía de compactación. (2014, p.12).

#### 1.3.2.2.2. Contenido de humedad del suelo

Todo suelo contiene humedad, ya que el tener humedad permite que el suelo sea moldeable y trabajable, algunos suelos tienen más humedad que otros. Para poder conocer el contenido de humedad, se tiene que realizar un ensayo en el laboratorio con la muestra del terreno natural elegido y utilizar un horno el cual se pueda controlar su temperatura.

## **1.4. Formulación del problema**

La formulación del problema es muy importante ya que en ellas radican las posibles soluciones que se obtendrá de la investigación.

### **1.4.1. Problema general**

¿Cómo influye el terreno natural aplicando material geosintético en el mejoramiento de su resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018?

### **1.4.2. Problema específico**

¿Cómo varían los valores del CBR del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?

¿Cómo varían los valores de la expansión del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?

¿Cómo varían los valores de la absorción del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?

## **1.5. Justificación del estudio**

### **1.5.1. Justificación teórica**

La investigación se lleva acabo con el propósito de dar a conocer el uso de los materiales geosinteticos, por medio de ensayos realizados en laboratorio, dándole una mayor resistencia al pavimento flexible, cuyos resultados de la investigación incentivarán a poder realizar una construcción con estos materiales. A la vez es un gran aporte, ya que ayudara a que la carretera tenga una mayor durabilidad y resistencia en los pavimentos.

### **1.5.2. Justificación practica**

El objetivo de la investigación es construir un pavimento resistente y con durabilidad con nuevas técnicas de construcción que permitirán tener un ahorro considerable, todo esto se realizara con una serie de estudios en laboratorio, ayudando así a poder aumentar el nivel económico y social de la población.

## **1.6. Objetivos**

Los objetivos vienen a ser los resultados deseados de alcanzar los cuales serán a través de acciones o conductas.

### **1.6.1. Objetivo General:**

Determine la relación que hay entre el terreno natural aplicando material geosintético y el mejoramiento de su resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018

### **1.6.2. Objetivo Específicos:**

Determine la relación que hay entre los valores del CBR y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

Determine la relación que hay entre los valores de la expansión y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

Determine la relación que hay entre los valores de la absorción y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

## **1.7. Hipótesis**

(Pájaro, 2002, P. 373), “la formulación de una hipótesis es la manera o los requisitos que deberán cumplirse para proceder a redactarla y entonces tener el enunciado conocido como hipótesis; lo cual es diferente al concepto de hipótesis”.

### **1.7.1. Hipótesis general**

La aplicación del material geosintético influye en el mejoramiento de la resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018

### **1.7.2. Hipótesis específicas**

Aumentan los valores del CBR del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

Aumentan los valores de la expansión del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

Aumentan los valores de la absorción del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

## **II. METODO**

## **2.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación**

### **2.1.1. Diseño de investigación**

Para definir el diseño de investigación. Rojas nos da a conocer:

El diseño de investigación es un recurso de método científico en cuanto que permite la concreción de éste en un proceso de investigación específico. También se le conoce como proyecto o plan de investigación y, se ajusta a los requerimientos o necesidades de la institución y del propio investigador, así como a las características que adopta el objeto de estudio. (2000, p.134)

La presente investigación se empleó el diseño experimental, debido a que se manipula la variable independiente de manera intencional, para así luego medir su efecto en la variable dependiente.

### **2.1.2. Tipo de investigación**

La investigación se caracteriza por enfrentar y resolver problemas de forma pacífica y con una finalidad. Por medio del propósito o finalidad se pueden clasificar distintos tipos de investigación.

Lozada nos da a conocer que:

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto. (2014, p.34).

El tipo de investigación es aplicada, ya que generan conocimientos para aplicarlos directamente a los problemas de la sociedad encontrando estrategias (como los ensayos realizados) que logren un objetivo concreto.

### **2.1.3. Nivel de investigación**

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática da a conocer:

Uno de los objetivos básicos que hacen significativa la investigación científica es el de identificar problemas y descubrir las interrelaciones entre los fenómenos y variables para hacer predicciones que permitan tanto estructurar políticas y estrategias de acción como contribuir al desarrollo del cuadro teórico de la ciencia social. (2005, p.22).

El presente proyecto de investigación que se ha dado es de nivel descriptivo y explicativo, ya que evalúa la relación que existe entre dos variables denominándose el comportamiento de una de ellas a causa de la otra.

#### **2.1.4. Enfoque de investigación.**

El enfoque que compete al proyecto de investigación es cuantitativo, basándose en investigaciones donde la recolección de datos mide a las variables siendo de naturaleza numérica.

“El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al., 2006, p. 834).

### **2.2. Variables, Operacionalización**

#### **2.2.1. Variables**

“Las variables, resultado del proceso de operativización desde el plano teórico al plano empírico, son las manifestaciones de los constructos, y a las que se les puede asignar valores o palabras, que el investigador va a relacionar o contrastar” (Buendía et al., 2001, p.1).

- Variable dependiente:  
Mejorar su resistencia para la base granular
- Variable independiente:  
Terreno natural aplicando material geosintético.

#### **2.2.2 Operacionalización de las variables**

La operacionalización de las variables ayuda a poder comprender de qué forma será la estructura de la investigación la cual consiste en desmenuzar o descomponer minuciosamente las variables que conforman el problema a investigar, partiendo de lo general hasta llegar a lo específico para poder tener un mejor entendimiento de la investigación.

**Tabla 5.** Matriz de Operacionalización de variables.

	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
VI: Terreno natural aplicando material geosintético.	Los geosintéticos están formados por polímeros y tienen diversos usos, para poder empezar a conocer si el material geosintético es viable, se debe conocer el tipo de suelo en el que se empleara.	La variable a investigar fue tomada como un factor que influye en la variación del valor de la variable dependiente, por ello es muy importante poder determinar qué porcentaje es la que ocupa el total de la muestra.	Análisis Granulométrico	Grava o arena
				Arcilla
			Clasificación de suelos para propósito de ingeniería	SUCS
				AASHTO
			Límite de consistencias físicas	Límite líquido
				Límite plástico
				Índice de plasticidad
VD: Mejorar su resistencia para la base granular.	Permite conocer la composición del suelo para mejorarla. Consiste en obtener diversas muestras de suelo para con ella poder conocer la capacidad de carga que podrá soportar.	El propósito de esta variable es poder determinar una mejora y analizar que tanto influye en la variable independiente.	Relación de soporte de california	Expansión
				Absorción
				CBR
			Óptimo contenido de humedad	Máxima densidad seca del suelo
				Contenido de humedad del suelo

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

La población es un grupo de individuos medidos u objetivos que poseen características similares que son observables en alguna área o lugar y un momento determinado.

La población de esta investigación es toda la carretera Carabayllo – Canta. (Del km22 al km105)

### **2.3.2. Muestra**

La muestra es una parte del universo o subconjunto de la población que se desarrollara en la investigación, es decir que la muestra viene a ser una porción o parte que representa la población de la investigación.

La muestra del proyecto de investigación será, del km 55 al km 56 de la carretera de Yangas.

### **2.3.3. Muestreo**

“Comprende aquellas en las que se desconoce la probabilidad de escoger un solo individuo. En este caso, hay que suponer que los miembros en potencia de la muestra no tienen una probabilidad igual e independiente de ser seleccionados”. (Salkind, 1998, p.102).

Para la investigación realizada el muestreo es no probabilística, se debe a que la muestra fue determinada por el investigador.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Moreno da a conocer que:

El investigador pretende analizar el comportamiento y la relación entre las variables que ha seleccionado para su estudio, y que tiene que apoyar o descartar sus hipótesis con base en mediciones de esas variables, es especialmente importante que utilice técnicas e instrumentos de medición apropiados, adecuadamente diseñados, de alta validez y confiabilidad [...], que garanticen al máximo posible que la medición obtenida refleja fielmente la habilidad, actitud destreza, etc, que pretenden medir. (2000, p.271).

La técnica de recolección de datos para la presente investigación es por medio de la observación, tesis, libros y ensayos de laboratorio.



### 2.4.2. Instrumento de recolección de datos

Bernal da a conocer que:

La recopilación de información es un proceso que implica una serie de pasos. Aquí se presenta un esquema general que puede usarse para la recolección de datos necesarios, para responder a los objetivos y para probar la hipótesis de la investigación, o cambios. (2010, p. 194).

Para poder recolectar datos, se aplican estos ensayos en laboratorio:

**Tabla 6.** *Ensayos de laboratorio.*

ENSAYOS DE LABORATORIO	INSTRUMENTOS
Análisis granulométrico	Tamices con marco metálico Balanza
CBR	Molde con diámetro 6” Trípode Máquina para ensayo de compresión Pisón (peso 10 Lb) Pesa de plomo
Proctor modificado	Molde con diámetro 6” Pisón (peso 10 Lb) Máquina para ensayo de compresión Horno eléctrico
Límite líquido	Casagrande Balanza Horno electrónico
Limite plástico	Horno electrónico Balanza

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Validez:

Pedrosa et al. Nos da a conocer que:

[...] en la actualidad, la validez de contenido se considera condición necesaria (aunque no suficiente) para realizar interpretaciones de las puntuaciones en los tests. Finalmente, la combinación de métodos tanto cualitativos como cuantitativos se entiende como el procedimiento más completo a la hora de realizar un estudio de validez de contenido en profundidad [...] (2014, p. 3).

Para determinar la validez de la investigación. Se elabora una serie de estudios que serán validados por expertos mediante certificación de laboratorio (los documentos de validez serán firmados y sellados por el jefe encargado del are, y se darán cuando se termine de hacer cada ensayos de laboratorio).

### 2.4.4 Confiabilidad:

“La confiabilidad es la probabilidad de que una unidad de producto se desempeñe satisfactoriamente cumpliendo con su función durante un periodo de tiempo diseñando y bajo condiciones previamente especificadas”. (Acuña, 2003, p.16).

La confiabilidad de los estudios es determinada con la maquinaria moderna del laboratorio y la certificación de calibración del instrumento a utilizar.

## 2.5 Métodos de análisis de datos:

Peersman da a conocer que:

Elegir y aplicar bien los métodos de recolección y análisis de datos es esencial en todos los tipos de evaluaciones. Esta síntesis presenta una visión general de las cuestiones relacionadas con la elección y uso de métodos para las evaluaciones de impacto, es decir, las evaluaciones que proporcionan información sobre los efectos a largo plazo previstos y no previstos producidos por los programas o políticas. (2014, p. 2).

- Para realizar el análisis granulométrico se separan las partículas del terreno natural, también conocido como suelo, y son graduadas por medio de sus dimensiones utilizando un conjunto de tamices normalizados al momento de realizar el ensayo. Conjuntamente se pesa el material que se retiene por cada tamiz para así determinar el porcentaje retenido.

$$\%Ret = \frac{\text{P. material retenido}}{\text{P. total}}$$

También es muy importante determinar qué porcentaje pasa en cada tamiz.

Para poder determinar el valor del porcentaje que pasa, se utiliza el 100% de la muestra menos el porcentaje retenido, y así sucesivamente para cada tamiz que pasa.

$$\%Pasa = 100\% - Ret\%$$

Con todos los resultados obtenidos se realiza la granulometría y la curva granulométrica, la cual permite una mejor lectura de la granulometría.

- Para poder clasificar los suelos tenemos dos métodos:

Para el método SUCS se debe observar la figura número 7 en la cual se detalla los pasos que se debe seguir para la clasificación de los suelos. Para poder empezar a clasificar se necesita seguir la siguiente lógica:

En la granulometría el tamiz #200 tiene que ser mayor o igual al 50%, el cual no cumplía con lo establecido, por eso se concluye que es un suelo grueso; en la tabla el RG era igual a 79 y el RT era igual a 45 y de la formula  $RT < FG/2$  notamos que no cumple, por ende se sabe que es grava; siguiendo la misma lógica notamos que la malla #200 no es mayor al 5% y por ello se necesita hallar Y que es igual a 1.4; la malla #200 es mayor 12% por ello se dice que es con finos GM o GC y para ello se necesita el IP que es igual a 4%, el IP es mayor a Y, lo cual cumple pero si el IP es mayor a 7% lo cual no cumple, por otra parte nos dicen si el IP es menor que el Y lo cual tampoco cumple y nos dicen si el IP es menor que 4% lo cual no cumple, dando como respuesta final a GM-GC. Observando la figura número 6 se puede saber la clasificación de suelos y el significado de las siglas GM-GC el cual es grava limosa y grava arcillosa consecutivamente.

Para el método AASHTO se debe observar la tabla figura número 8 el cual detalla el método, para la cual se tiene que verificar en la granulometría la malla N°10 (2 mm) la cual según la tabla no tiene parámetro, también se observa la malla N°40 (0.426 mm) la cual nos dice que debe ser menor igual a 50% y efectivamente notamos como en el ensayo de granulometría la malla mencionada se obtiene 32% del porcentaje que pasa; así también la tabla menciona a la malla N°200 (0.074 mm) la cual debe ser menor igual que 25% y efectivamente se nota que en la malla mencionada se obtiene 21% del porcentaje que pasa. Llegando a la conclusión que por el método de AASTHO su clasificación es A-1-b (0).

- Límite líquido, se selecciona el material que pasa por la malla N°40 para luego humedecerla con agua y se coloca en la copa de Casagrande, se enraza un pedazo de muestra en el medio y se dividen en la mitad para empezar a realizar los 25 golpes con 1cm de altura con la finalidad de que ambas mitades se unan; en caso no lleguen a unirse a los 25 golpes se debe agregar agua al suelo o un poco más de material. Luego de que se alcance lo mencionado se procede a pesar la parte del centro de la muestra para llevarlo al horno, poniéndolo a una temperatura de 110° C durante 24 horas.

$$LL = \frac{P. \text{ suelo húmedo} - P. \text{ suelo seco}}{P. \text{ suelo seco}} \times 100$$

- Límite plástico, para desarrollar el límite de plasticidad se utiliza el material sobrante que queda en la copa de Casagrande para hacer manualmente rodillos pequeños de 3mm de diámetro que se realizó sobre una área de vidrio, en el ensayo realizado se debe quebrar o cuartear la muestra, si se llega a quebrar antes de haber alcanzado el espesor de 3mm se le debe agregar un poco más de agua y si se quiebra después se debe agregar más material. Una vez conseguido lo mencionado (rodillo de diámetro 3mm) se procede a pesar los pequeños rodillos para luego colocarlo en el horno en un promedio de 24 horas y luego volver a pesar pero ya con la muestra seca; para así tener la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco del rodillo de 3mm.

$$LP = \frac{P. \text{ suelo húmedo} - P. \text{ suelo seco}}{P. \text{ suelo seco}} \times 100$$

Por consiguiente de los resultados del Límite líquido y del Límite plástico se obtiene el Índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

- Óptimo contenido de humedad

En el ensayo del proctor modificado se puede obtener el óptimo contenido de humedad, para este ensayo se pesan 3kg de la muestra que pasa por la malla N°40 y se coloca en un molde y son compactados a 13, 25, 57 golpes consecutivamente con un peso de martillo de 10Lb

desde una altura de caída de 18 pulgadas; el cual tiene como resultado un óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca.

La muestra tiene un secado de 110°C y tiene las siguientes formulas:

Contenido de agua

$$Cont. agua = \frac{P. agua}{P. suelo seco} \times 100$$

Densidad de suelo húmedo

$$D.S.H = \frac{P. suelo humedo}{Vol. molde}$$

Densidad de suelo seco

$$D.S.S = \frac{D.S.H \times 100}{Cont. agua + 100}$$

- Relación de soporte de california

La absorción forma parte del ensayo del CBR, para ello en el ensayo realizado se toma como dato el OCH y se compacta tres moldes con energías diferentes de compactación por molde, los cuales son pesados cada uno, para saber el peso inicial del molde, para que luego el molde junto con el material se encuentren sumergidos en una poza de agua durante 4 días. Luego de haber transcurrido los 4 días el molde se extrae de la poza y se deja que escurra unos 15 minutos, para así luego ponerla en la balanza y pesar el molde con la muestra húmeda y así se pueda determinar el peso final que se encuentra en el suelo, para que con estos datos se pueda hallar la absorción del molde.

$$Absorción = \frac{P.f - P.i}{P.i} \times 100$$

La expansión forma parte del ensayo del CBR, también se compactan tres moldes como lo explicado anteriormente, pero con la diferencia que se determina la variación de alturas obtenidas en el molde después de los 4 días sumergidos en la poza con agua.

$$Expansión = \frac{H.f - H.i}{H.i} \times 100$$

El CBR es el ensayo en el que se determina la resistencia que soporta el suelo, para este ensayo se sigue el mismo procedimiento anterior (tanto la absorción como expansión se vinculan con el CBR). El molde extraído de la poza (4 días sumergido) luego de haber dejado que escurra 15 minutos, se posiciona en la máquina de compactación que por medio de un pisón mide la presión que se requiere para penetrar 0.1” y para 0.2” los cuales son expresados en porcentajes.

$$CBR = \frac{\text{Esfuerzo de pisón}}{\text{Carga patrón}} \times 100$$

La carga patrón va a variar conforme sea la profundidad, ya sea para 0.1” de hundimiento la cual se usó una carga patrón de 70 kg/cm<sup>2</sup> o para un hundimiento de 0.2” la cual se usó una carga de patrón de 105 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.6 Aspectos éticos:

La investigación que se realizó es muy importante ya que se busca beneficiar al pueblo de yangas, para que pueda tener carreteras pavimentadas con mayor durabilidad.

Este trabajo está elaborado por el autor, con el apoyo del asesor. Así mismo con el apoyo de tesis y libros virtuales que fueron necesarias para la elaboración de la investigación. En lo que dura la investigación se determinaron las subsiguientes normas éticas, respeto, registros exactos, honestidad intelectual, veracidad de datos, investigación con criterio independiente y fiable revisión de fuentes bibliográficas que se utilizaron en la investigación.

Al implementar la investigación, se contribuye a poder impulsar el uso de las geomallas biaxial en el país, ya que es de gran importancia darles una durabilidad y mayor resistencia a los pavimentos, esto se debe a que el aumento de vehículos, ya sea vehículos livianos o pesados, va en aumento cada año.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Análisis granulométrico de agregados de la carretera de Yangas - 2018.

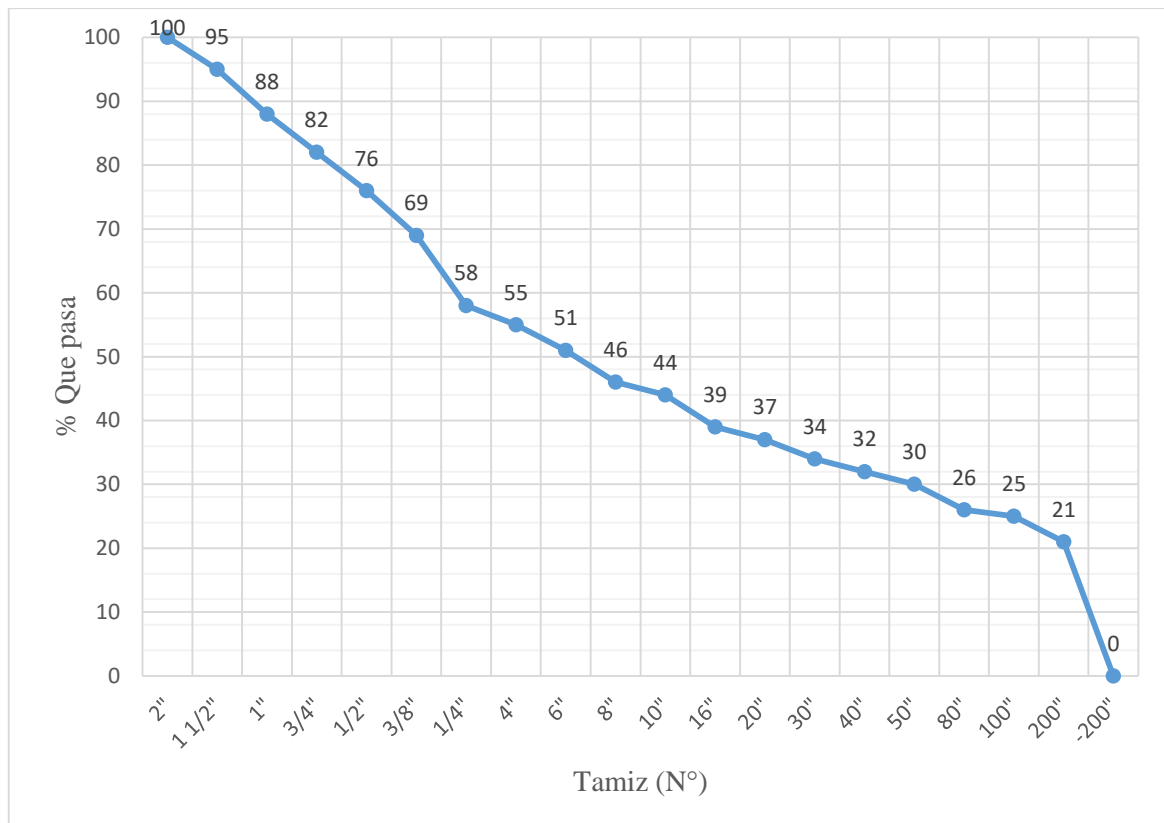
Se analiza el material extraído de la base de la carretera yangas, pasando por números distintos de mallas para así ser seleccionándolas. Aquí se muestra la curva granulométrica que da en el ensayo de laboratorio.

**Tabla 7.** Análisis granulométrico.

TAMIZ (MALLAS)		MATERIAL DE SUELO	
SERIE AMERICANA (MALLA N°)	ABERTURA (mm)	RET (%)	PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		100
1 1/2"	38.100	5	95
1"	25.400	7	88
3/4"	19.050	6	82
1/2"	12.700	6	76
3/8"	9.525	7	69
1/4"	6.350	11	58
4	4.760	3	55
6	3.360	4	51
8	2.380	5	46
10	2.000	2	44
16	1.190	5	39
20	0.840	2	37
30	0.590	3	34
40	0.426	2	32
50	0.297	2	30
80	0.177	4	26
100	0.149	1	25
200	0.074	4	21
-200	-	21	0

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 11.** Curva granulométrica de la carretera Yangas.

La curva granulométrica indica que el 21% de la muestra logro pasar la malla N° 200, esto significa que, según SUCS y AASHTO la base de la carretera de Yangas es un suelo grueso, que contiene gravas con finos

### 3.2 Clasificación de suelos para propósito de ingeniería de la carretera de Yangas – 2018

Según el análisis granulométrico obtenido, el material que pasa por el tamiz N°200 es 21%, lo que conlleva a que sea un suelo grueso, lo que da a entender que el material es bueno en construcción, teniendo así noción que los valores de resistencia serán altos.

**Tabla 8:** Clasificación de suelos de la carretera Yangas - 2018

Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (SUCS)	
SUCS	GM - GC
AASHTO	A-1-b (0)

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Límite de consistencias físicas de la carretera de Yanga - 2018

Cada material tiene sustancias físicas diferentes que las caracterizan una de otras, para ello se requiere el límite líquido, límite plástico y índice plástico.

**Tabla 9:** Límite de constancias físicas de la carretera Yangas - 2018

Límite de constancias físicas	
Límite líquido	22
Límite plástico	18
Índice de plasticidad	4

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Relación de soporte de california de la carretera de Yangas 2018

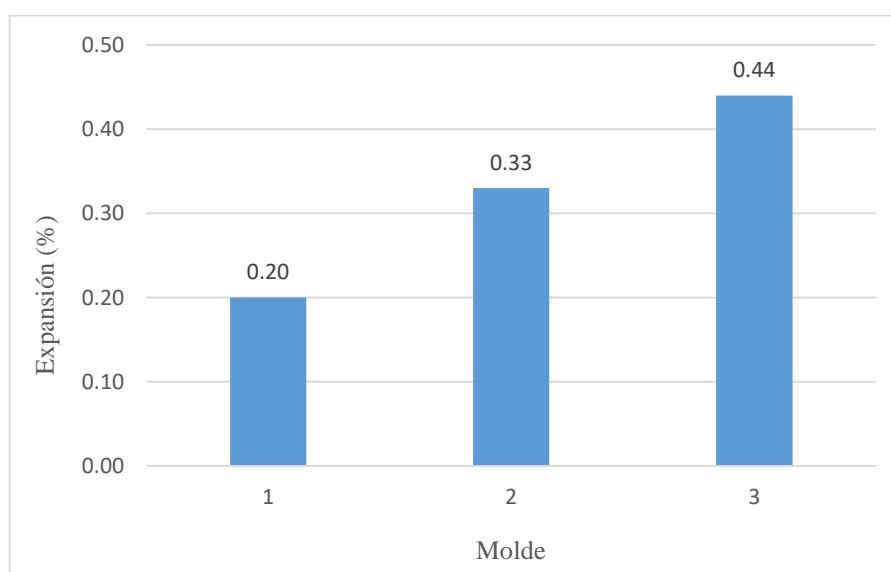
#### 3.4.1 Suelo natural de Yangas

##### 3.4.1.1 Expansión del suelo natural de Yangas

**Tabla 10:** Expansión del suelo de Yangas - 2018

Molde	Expansión (%)
1	0.20
2	0.33
3	0.44

Fuente: Elaboración propia



**Figura 12.** Expansión del suelo natural de Yangas

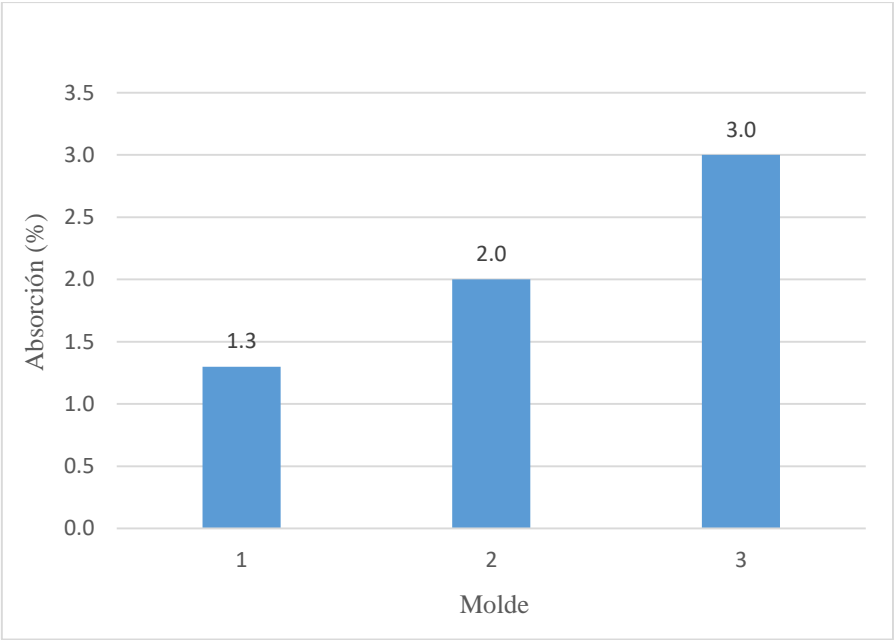
En el gráfico se aprecia los porcentajes de expansión que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6” pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 0.20% de expansión, en el segundo molde del SN un 0.33% de expansión y en el tercer molde del SN un 0.44% de expansión.

### 3.4.1.2 Absorción del suelo natural de Yangas

**Tabla 11:** *Absorción del suelo de Yangas - 2018*

Molde	Absorción (%)
1	1.3
2	2.0
3	3.0

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Absorción del suelo natural de Yangas

En el gráfico se aprecia los porcentajes de absorción que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6” pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN)

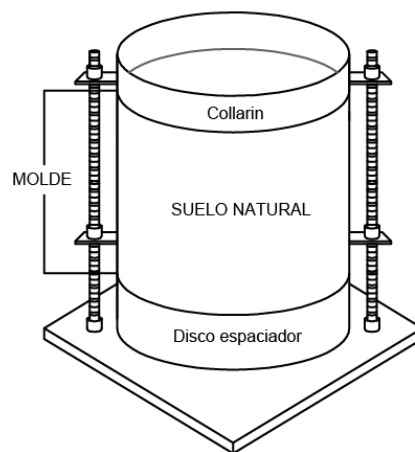
un 1.3% de absorción, en el segundo molde del SN un 2.0% de absorción y en el tercer molde del SN un 3.0% de absorción.

#### 3.4.1.3 CBR del suelo natural de Yangas

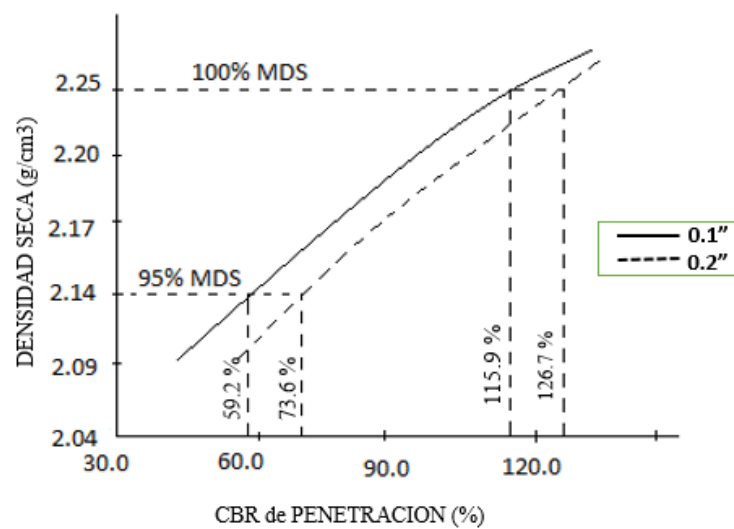
**Tabla 12:** CBR del suelo de Yangas - 2018

<b>Ensayo de CBR del Suelo natural</b>			
<b>Penetración</b>	<b>1"</b>	<b>2"</b>	<b>MDS (g/cm<sup>3</sup>)</b>
100% MDS	115.9 %	126.7 %	2.255
95% MDS	59.2 %	73.6 %	2.255

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14.** Molde para CBR del suelo natural de Yangas.



**Figura 15.** CBR del suelo de Yangas.

En el grafico se puede apreciar el ensayo del CBR del suelo natural a 1” y 2” de profundidad que el pistón penetra en el material. Se tiene con el 100% de la MDS a 1” de profundidad un 115.9% de CBR y a 2” de profundidad un 126.7% de CBR; mientras que con el 95% de la MDS a 1” de profundidad un 59.2% de CBR y a 2” de profundidad un 73.6% de CBR.

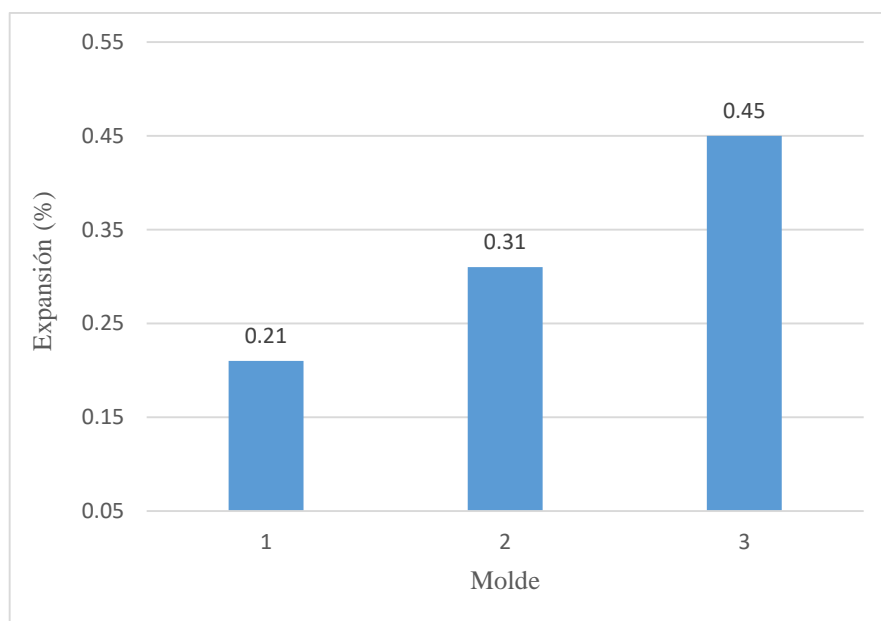
### 3.4.2 Suelo de Yangas con geomalla, biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa

#### 3.4.2.1 Expansión del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa

**Tabla 13:** *Expansión del suelo con geomalla entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas - 2018*

Molde	Expansión (%)
1	0.21
2	0.31
3	0.45

Fuente: Elaboración propia



**Figura 16.** Expansión del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa

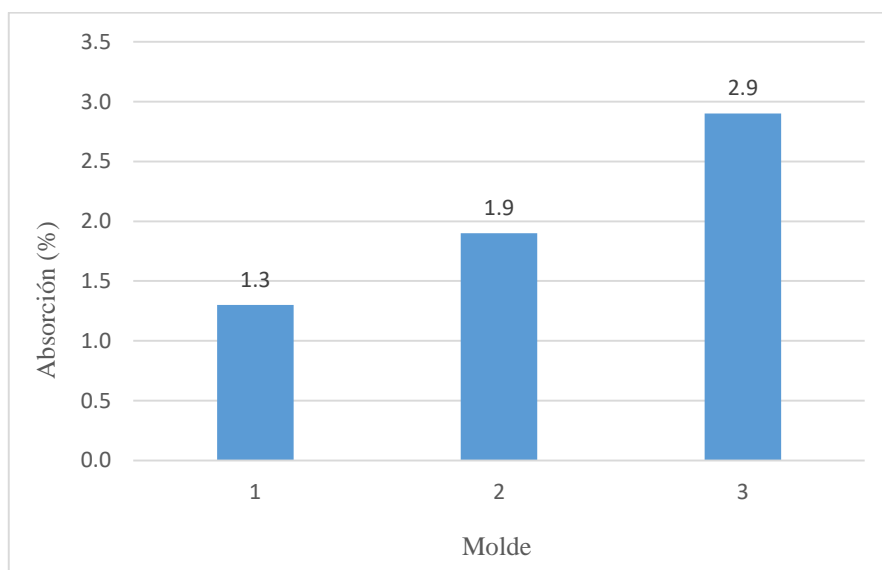
En el gráfico se aprecia los porcentajes de expansión que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6” pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 0.21% de expansión, en el segundo molde del SN un 0.31% de expansión y en el tercer molde del SN un 0.45% de expansión.

#### 3.4.2.2 Absorción del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa

**Tabla 14:** Absorción del suelo con geomalla entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas - 2018

Molde	Absorción (%)
1	1.3
2	1.9
3	2.9

Fuente: Elaboración propia



**Figura 17.** Absorción del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 1era y 2da capa

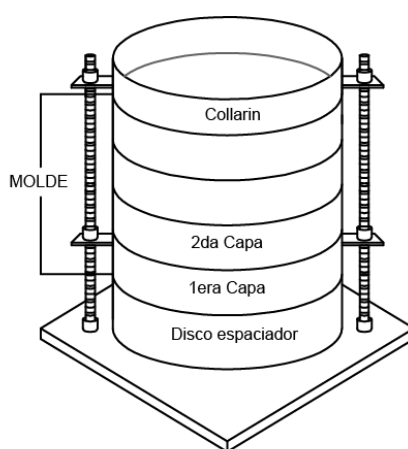
En el gráfico se aprecia los porcentajes de absorción que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6" pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 1.3% de absorción, en el segundo molde del SN un 1.9% de absorción y en el tercer molde del SN un 2.9% de absorción.

### 3.4.2.3 CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa

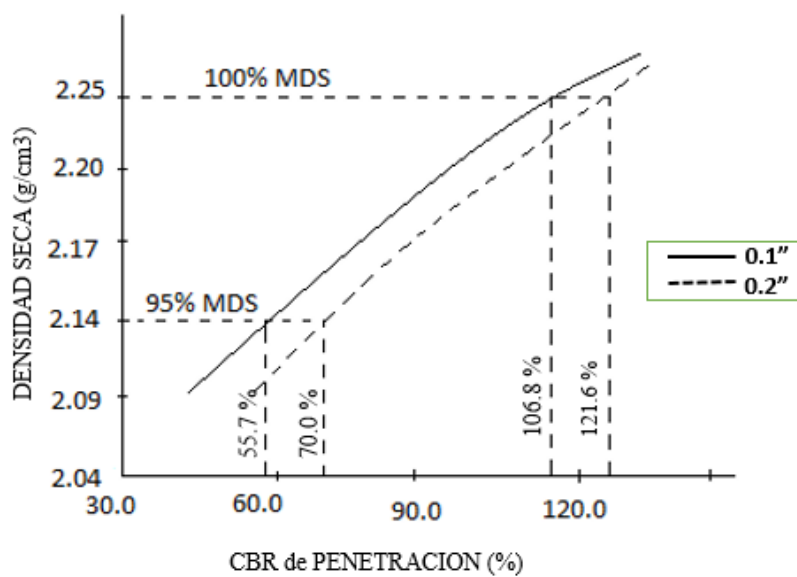
**Tabla 15:** CBR del suelo con geomalla biaxial entre 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa de Yangas - 2018

Ensayo de CBR con geomalla biaxial entre 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa del SN			
Penetración	1"	2"	MDS (g/cm <sup>3</sup> )
100% MDS	106.8 %	121.6 %	2.255
95% MDS	55.7 %	70.0 %	2.255

Fuente: Elaboración propia



**Figura 18.** Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa.



**Figura 19.** CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa.

En el grafico se puede apreciar el ensayo del CBR del suelo con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa a 1'' y 2'' de profundidad que el pistón penetra en el material. Se tiene con el 100% de la MDS a 1'' de profundidad un 106.8% de CBR y a 2'' de profundidad un 121.6% de CBR; mientras que con el 95% de la MDS a 1'' de profundidad un 55.7% de CBR y a 2'' de profundidad un 70.0% de CBR.

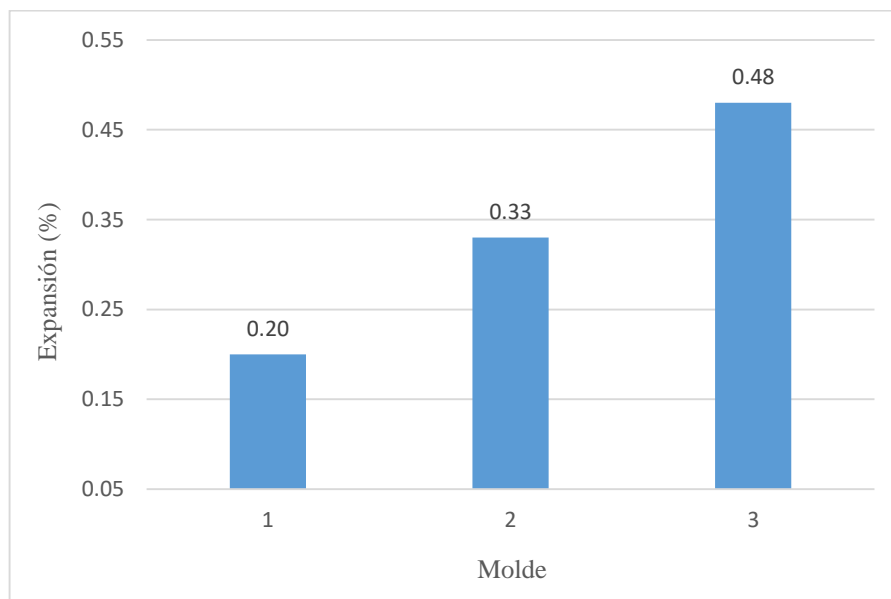
### 3.4.3 Suelo de Yangas con geomalla, biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

#### 3.4.3.1 Expansión del suelo de Yangas con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

**Tabla 16:** *Expansión del suelo con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa de Yangas - 2018*

Molde	Expansión (%)
1	0.20
2	0.33
3	0.48

Fuente: Elaboración propia



**Figura 20.** Expansión del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

En el gráfico se aprecia los porcentajes de expansión que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6'' pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN)



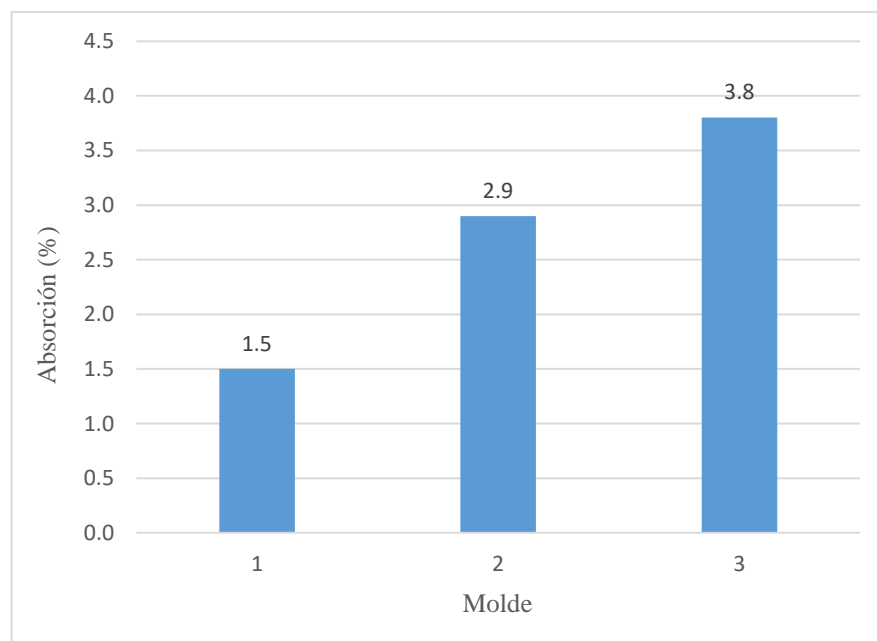
un 0.20% de expansión, en el segundo molde del SN un 0.33% de expansión y en el tercer molde del SN un 0.48% de expansión.

#### 3.4.3.2 Absorción del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

**Tabla 17:** *Absorción del suelo con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa de Yangas - 2018*

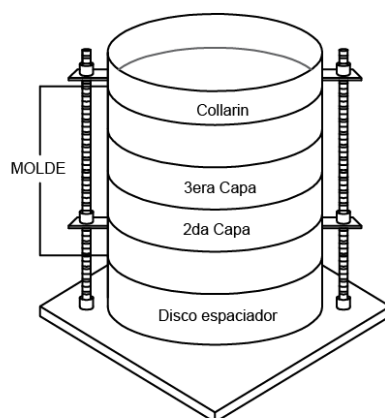
Molde	Absorción (%)
1	1.5
2	2.9
3	3.8

Fuente: Elaboración propia



**Figura 21.** Absorción del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

En el gráfico se aprecia los porcentajes de absorción que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6" pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 1.5% de absorción, en el segundo molde del SN un 2.9% de absorción y en el tercer molde del SN un 3.8% de absorción.



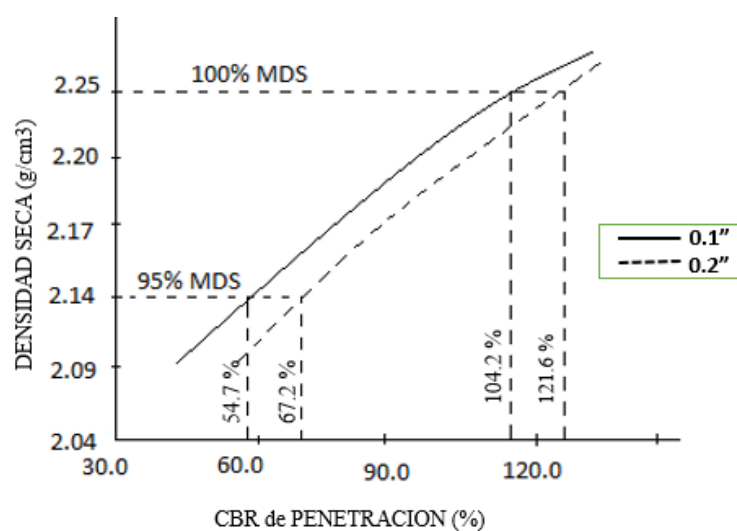
**Figura 22.** Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

#### 3.4.3.3 CBR del suelo de Yangas con geomalla entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

**Tabla 18:** CBR del suelo con geomalla biaxial entre 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa de Yangas - 2018

Ensayo de CBR con geomalla biaxial entre 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>ra</sup> capa del SN			
Penetración	1"	2"	MDS (g/cm <sup>3</sup> )
100% MDS	104.2 %	121.6 %	2.255
95% MDS	54.7 %	67.2 %	2.255

Fuente: Elaboración propia



**Figura 23.** CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa

En el grafico se puede apreciar el ensayo del CBR del suelo con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa a 1” y 2” de profundidad que el pistón penetra en el material. Se tiene con el 100% de la MDS a 1” de profundidad un 104.2% de CBR y a 2” de profundidad un 121.6% de CBR; mientras que con el 95% de la MDS a 1” de profundidad un 54.7% de CBR y a 2” de profundidad un 67.2% de CBR.

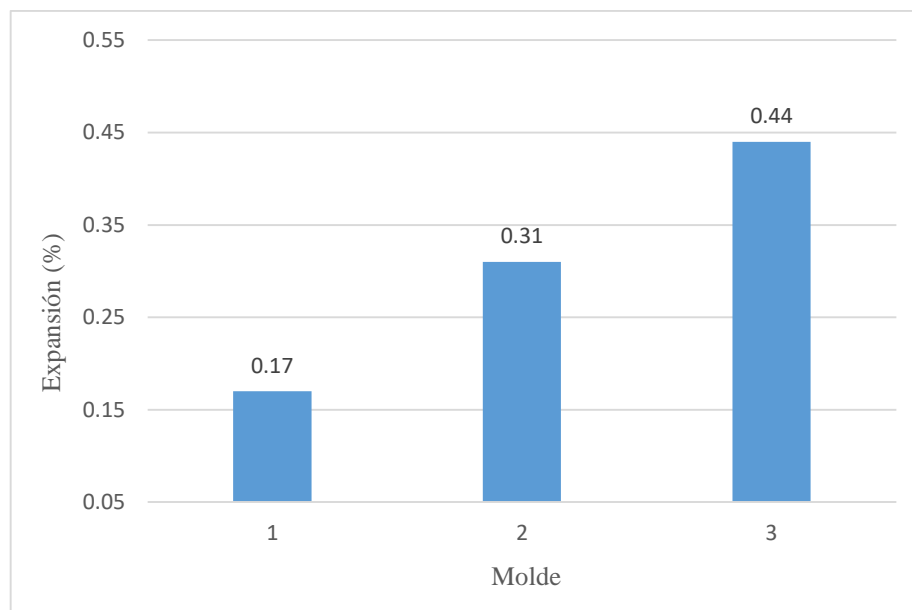
#### 3.4.4 Suelo de Yangas con geomalla, entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa

##### 3.4.4.1 Expansión del suelo de Yangas con geomalla entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa

**Tabla 19:** *Expansión del suelo con geomalla entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa de Yangas - 2018*

Molde	Expansión (%)
1	0.17
2	0.31
3	0.44

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** *Expansión del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa*

##### 3.4.4.2 Absorción del suelo de Yangas con geomalla entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa

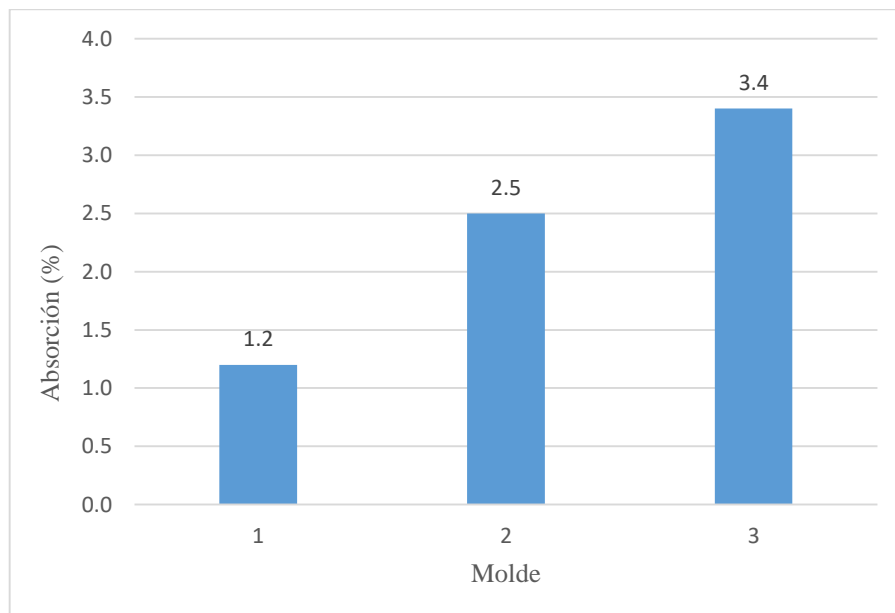
En el gráfico se aprecia los porcentajes de expansión que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6” pero con número de golpes distintos por cada

molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 0.17% de expansión, en el segundo molde del SN un 0.31% de expansión y en el tercer molde del SN un 0.44% de expansión.

**Tabla 20:** *Absorción del suelo con geomalla entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa de Yangas - 2018*

Molde	Absorción (%)
1	1.2
2	2.5
3	3.4

Fuente: Elaboración propia



**Figura 25.** Absorción del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre la 3<sup>ra</sup> y 4<sup>ta</sup> capa

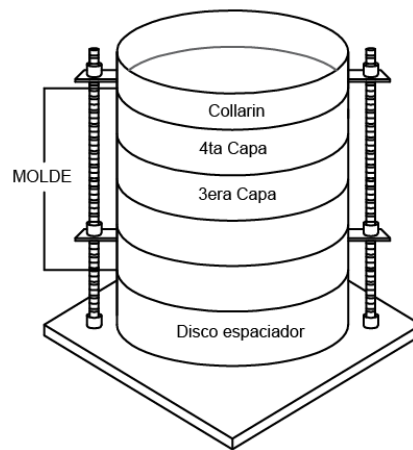
En el gráfico se aprecia los porcentajes de absorción que tiene el suelo de Yangas; utilizando tres moldes con un mismo diámetro de 6" pero con número de golpes distintos por cada molde, los cuales son 13, 25, 57 golpes. Se tiene en el primer molde del suelo natural (SN) un 1.2% de absorción, en el segundo molde del SN un 2.5% de absorción y en el tercer molde del SN un 3.4% de absorción.

### 3.4.4.3 CBR del suelo de Yangas con geomalla entre la 3<sup>da</sup> y 4<sup>ra</sup> capa

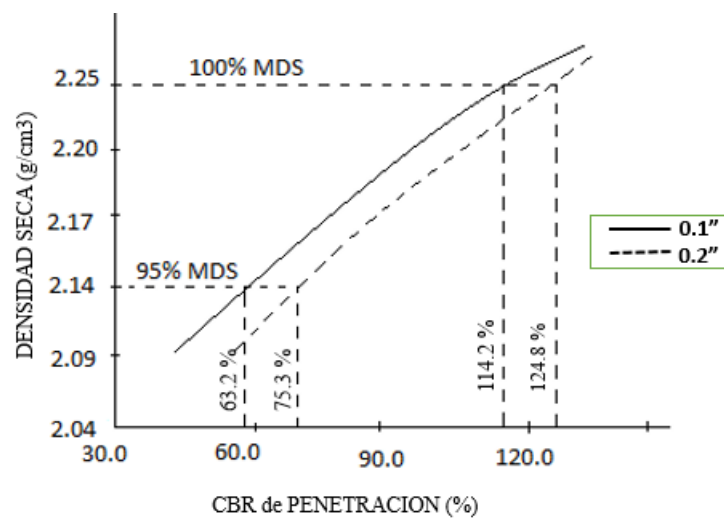
**Tabla 21:** CBR del suelo con geomalla biaxial entre 3<sup>da</sup> y 4<sup>ra</sup> capa de Yangas - 2018

Ensayo de CBR con geomalla biaxial entre 3 <sup>da</sup> y 4 <sup>ra</sup> capa del SN			
Penetración	1"	2"	MDS (g/cm <sup>3</sup> )
100% MDS	114.2 %	124.8 %	2.255
95% MDS	63.2 %	75.3 %	2.255

Fuente: Elaboración propia



**Figura 26.** Molde para CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 3<sup>da</sup> y 4<sup>ra</sup> capa

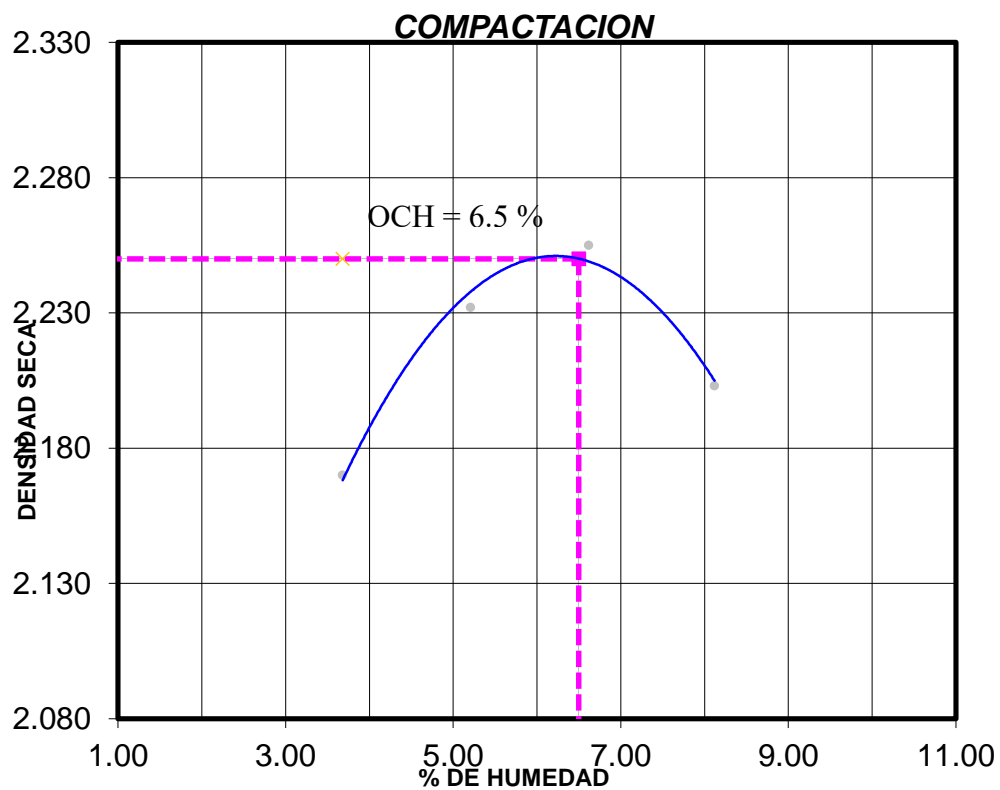


**Figura 27.** CBR del suelo de Yangas con geomalla biaxial entre 3<sup>da</sup> y 4<sup>ra</sup> capa

En el grafico se puede apreciar el ensayo del CBR del suelo con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa a 1" y 2" de profundidad que el pistón penetra en el material. Se tiene con el 100% de la MDS a 1" de profundidad un 114.2% de CBR y a 2" de profundidad un 124.8% de CBR; mientras que con el 95% de la MDS a 1" de profundidad un 63.2% de CBR y a 2" de profundidad un 75.3% de CBR.

### 3.3 Proctor modificado

Por medio del ensayo de proctor modificado se obtiene el óptimo contenido de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS)



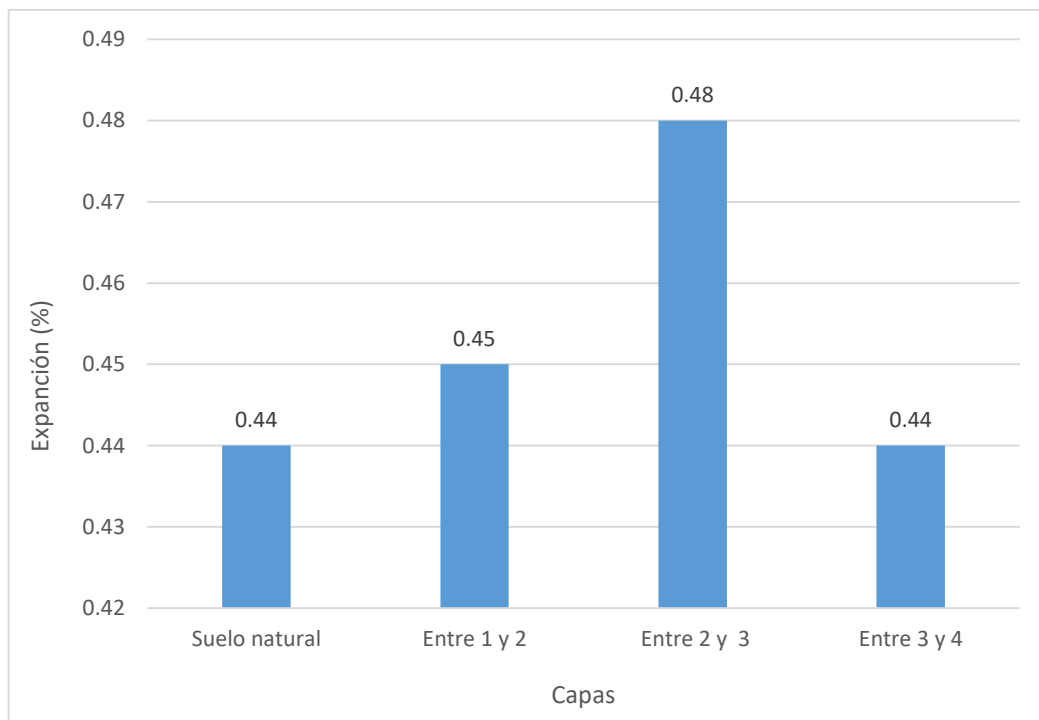
*Figura 28.* Proctor modificado

### 3.4 Variación de expansión del suelo de Yangas

**Tabla 22:** Variación de expansión del suelo de Yangas - 2018

VARIACIÓN DE EXPANSIÓN	
SUELO NATURAL	RESULTADOS DE ABSORCIÓN
Sin geomalla	0.44
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	0.45
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	0.48
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	0.44

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29.** Variación de expansión del suelo de Yangas - 2018

En el gráfico se aprecia la variación de expansión del suelo de Yangas expresado en porcentajes, para ello se realiza 4 ensayos los cuales se toma el resultado mayor de cada molde por ensayo realizado que se tienen en el suelo natural (SN); los cuales son un 0.44%

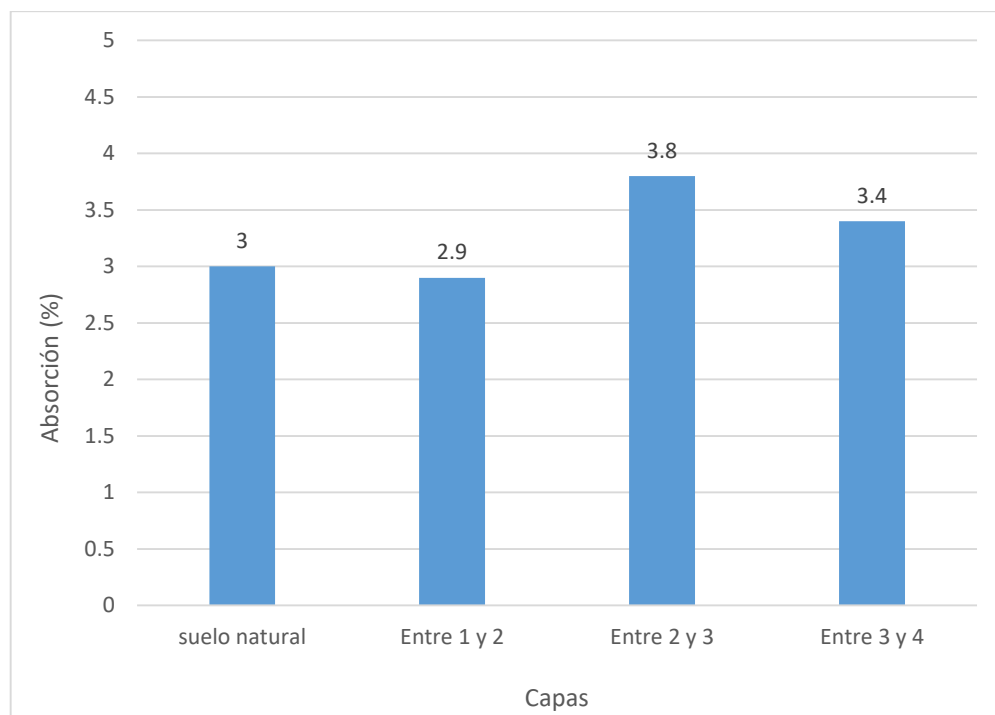
de expansión en el SN sin geomalla biaxial, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 0.45% de expansión, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 0.48% de expansión, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 0.44% de expansión.

### 3.5 Variación de Absorción del suelo de Yangas

**Tabla 23:** Variación de absorción del suelo de Yangas - 2018

VARIACIÓN DE ABSORCIÓN	
SUELO NATURAL	RESULTADOS DE ABSORCIÓN
Sin geomalla	3.0
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	2.9
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	3.8
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	3.4

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30.** Variación de absorción del suelo de Yangas – 2018

En el gráfico se aprecia la variación de absorción del suelo de Yangas expresado en porcentajes, para ello se realiza 4 ensayos los cuales se toma el resultado mayor de cada molde por ensayo realizado que se tienen en el suelo natural (SN); los cuales son un 3% de



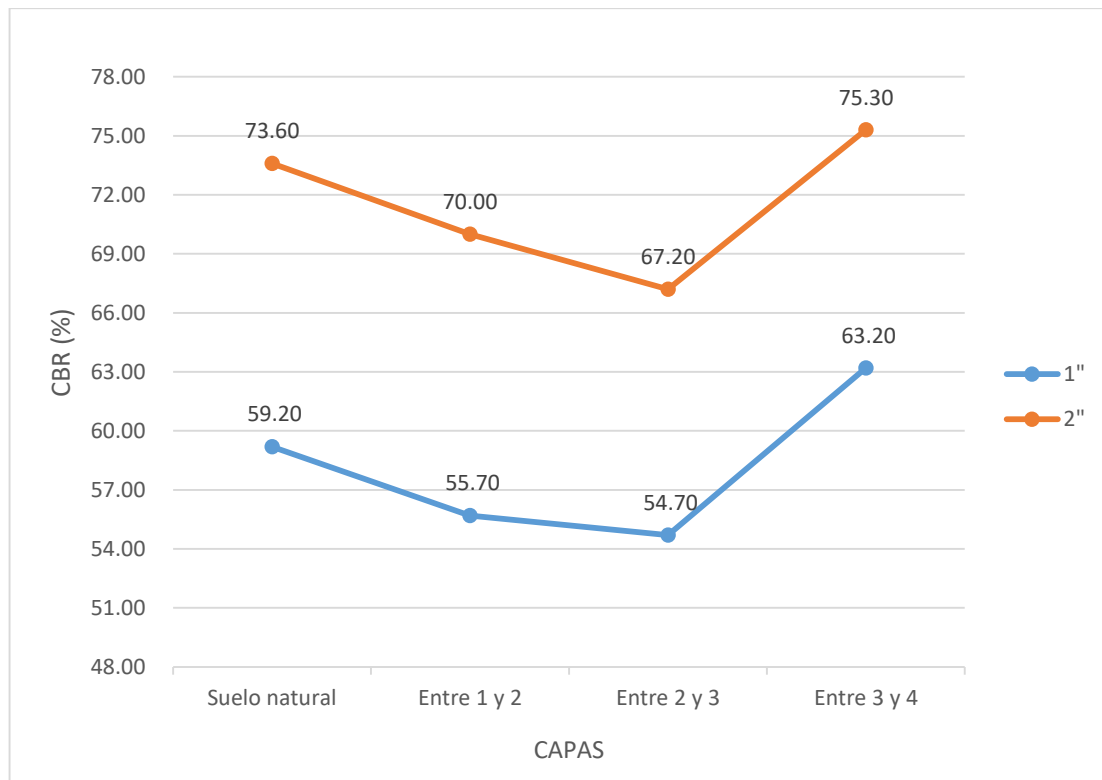
absorción en el SN sin geomalla biaxial, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 2.9% de absorción, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 3.8% de absorción, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 3.4% de absorción.

### 3.6 Variación de CBR del suelo de Yangas

**Tabla 24:** Variación de CBR del suelo de Yangas - 2018

<b>ENSAYOS DE CBR</b>			
<b>SUELO NATURAL</b>	<b>RESULTADOS DE CBR</b>		
Sin geomalla	<b>Penetración</b>	<b>1"</b>	<b>2"</b>
	100% MDS	115.9 %	126.7 %
	95% MDS	59.2 %	73.6 %
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	<b>Penetración</b>	<b>1"</b>	<b>2"</b>
	100% MDS	106.8 %	121.6 %
	95% MDS	55.7 %	70.0 %
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	<b>Penetración</b>	<b>1"</b>	<b>2"</b>
	100% MDS	104.2 %	121.6 %
	95% MDS	54.7 %	67.2 %
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	<b>Penetración</b>	<b>1"</b>	<b>2"</b>
	100% MDS	114.2 %	124.8 %
	95% MDS	63.2 %	75.3 %

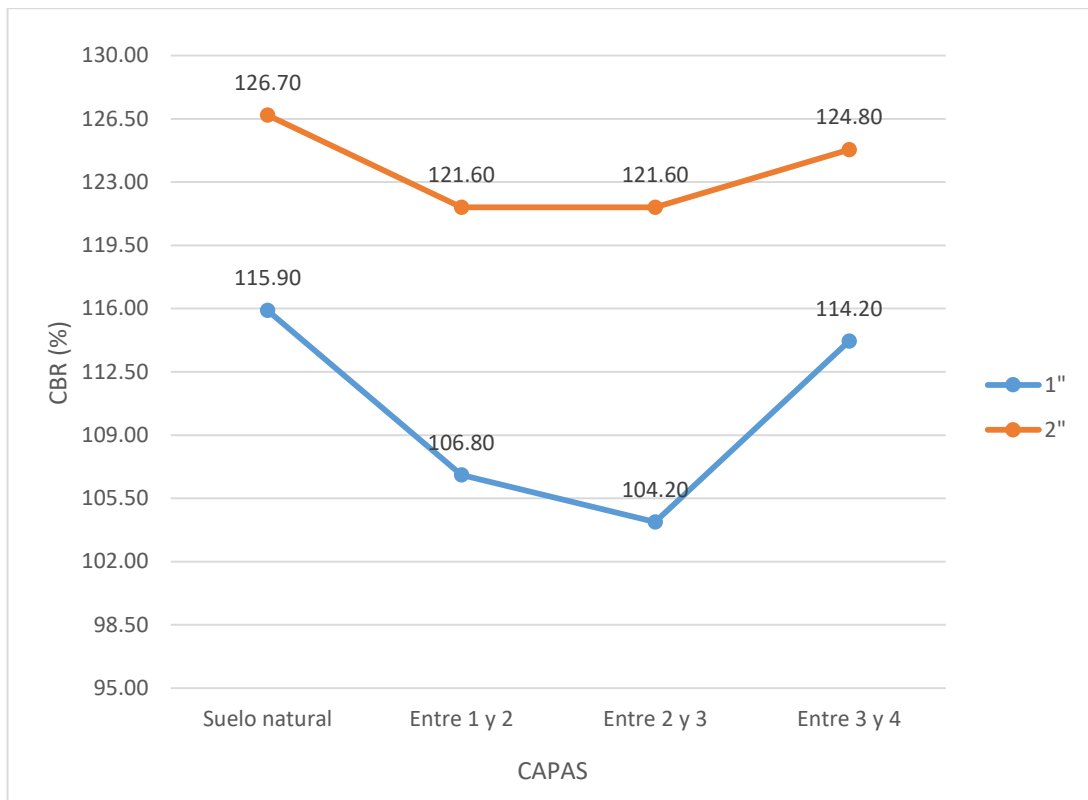
Fuente: Elaboración propia



**Figura 31.** Variación de CBR al 95% del suelo de Yangas - 2018

En el grafico se aprecia el ensayo de CBR del suelo natural al 95% de la MDS obteniendo los resultados expresados en porcentajes al penetrar el material a 1" de profundidad. En el suelo natural (SN) un 59.20% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 55.70% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 54.70% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 63.20% de CBR.

Luego se sigue penetrando el pistón hasta llegar a 2" de profundidad para obtener resultados porcentuales. En el suelo natural (SN) un 73.60% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 70.00% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 67.20% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 75.30% de CBR.



**Figura 32.** Variación de CBR al 100% del suelo de Yangas - 2018

En el grafico se aprecia el ensayo de CBR del suelo natural al 100% de la MDS obteniendo los resultados expresados en porcentajes al penetrar el material a 1" de profundidad. En el suelo natural (SN) un 115.90% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 106.80% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 104.20% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 114.20% de CBR.

Luego se sigue penetrando el pistón hasta llegar a 2" de profundidad para obtener resultados porcentuales. En el suelo natural (SN) un 126.70% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 1<sup>era</sup> y 2<sup>da</sup> capa un 121.60% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 2<sup>da</sup> y 3<sup>ra</sup> capa un 121.60% de CBR, en el SN con geomalla biaxial entre la 3<sup>era</sup> y 4<sup>ta</sup> capa un 124.80% de CBR.

#### **IV. DISCUSIÓN**

#### **4.1 Discusión**

Hipótesis N°1: La aplicación del material geosintético influye en el mejoramiento de la resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018

Al aplicar el material geosintético (Geomalla biaxial) en la base de la estructura del pavimento se distribuirá la carga ejercida que se genere en la superficie del pavimento a las demás estructuras ocasionando una mejora en la resistencia que tiene el suelo natural.

Según Fiorini en su investigación titulada “Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras” la capacidad portante del suelo al utilizar la geomalla biaxial se excede de lo normal, es por ello que se consigue un mejor rendimiento aumentando la capacidad de carga que tiene el pavimento al momento de que se genere una fuerza en la superficie del pavimento. Respecto a los ensayos realizados actualmente en la investigación se concluye que la hipótesis es aceptable ya que la geomalla biaxial si influye mucho en el mejoramiento de la resistencia de la base los cuales se obtienen por medio de un ensayo de CBR el cual en el suelo natural es 59.20% y en la última capa (tercera y cuarta) es 63.20%; en los ensayos que se realizaron se nota claramente como es la influencia que genera la geomalla biaxial al momento de ser colocada en el suelo natural la cual mejora la resistencia que será expresada en porcentajes de CBR.

Hipótesis N°2: Los valores del CBR del terreno natural aumentan aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

El terreno natural de Yangas tiene una capacidad portante establecida, el cual se deberá aumentar para que se obtenga una mayor resistencia y pueda soportar cargas con mucho más peso, para ello se realiza un ensayo de CBR el cual nos dará como resultado el porcentaje de resistencia que alcanzara el suelo con la geomalla biaxial incluida en el terreno natural. El aumento de la resistencia que se dará en el suelo es gracias a la trabazón que tiene el material geosintético con los materiales granulares (pequeñas piedras), forjando así una resistencia más elevada del suelo para que soporte las cargas que ejercerán los vehículos que transcurren por el lugar.

Según Núñez en su investigación titulada “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-sintéticos” se obtienen los siguientes resultados de CBR.

ENSAYO DETALLADO DE CBR A 10.0 cm					
DENSIDAD	CBR %	N° DE ENSAYO	RESULTADO DE CBR		
2.02	34.30	1er ENSAYO	Penetración:	1"	M.D.S. (kg/cm3):
2.04	92.13		100% MDS	115.92%	2.173
2.17	115.92		95% MDS	96.50%	2.064
2.02	34.38	2do ENSAYO	Penetración:	1"	M.D.S. (kg/cm3):
2.03	90.84		100% MDS	113.79%	2.161
2.16	113.79		95% MDS	95.50%	2.053
2.03	34.34	3er ENSAYO	Penetración:	1"	M.D.S. (kg/cm3):
2.04	91.49		100% MDS	114.90%	2.172
2.17	114.86		95% MDS	95.00%	2.063

*Figura 33. Resultados de CBR de la tesis de Núñez (2016)*

En la actual investigación se realizó el ensayo de CBR en la última capa de compactación la cual tuvo como resultados los siguientes porcentajes.

**Tabla 21:** CBR del suelo con geomalla biaxial entre 3<sup>da</sup> y 4<sup>ra</sup> capa de Yangas - 2018

Ensayo de CBR con geomalla biaxial entre 3 <sup>da</sup> y 4 <sup>ra</sup> capa del SN			
Penetración	1"	2"	MDS (g/cm3)
100% MDS	114.2 %	124.8 %	2.255
95% MDS	63.2 %	75.3 %	2.255

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en la investigación de Núñez realiza tres ensayos de CBR para la última capa de su muestra lo cual le da tener una mayor certeza de sus resultados, en los cuales obtuvo un valor muy bueno; a comparación de los ensayos realizados en la presente investigación, las cuales tuvieron como resultado 63.20% de CBR a una penetración de 95% en 1"; mientras que en la investigación de Núñez, obtuvo 95.50% de CBR a una penetración de 95% en 1". La diferencia de valores obtenidos de ambas investigaciones se puede deber a los siguientes factores: Primero, se puede deber a la procedencia del tipo de suelo; segundo, a los procedimientos que se realizaron al momento de hacer el ensayo de CBR. Aceptando la hipótesis planteada, ya que los valores de CBR si aumentan (de 59.20% del SN sin geomalla, al 63.2% del SN con geomalla biaxial entre la tercera y cuarta capa) al aplicarse la geomalla biaxial al suelo de Yangas.

Hipótesis N°3: Los valores de la expansión del terreno natural aumentan aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

La expansión que tiene el suelo debe ser mínima, ya que al tener una expansión con poco porcentaje significa que el suelo mantendrá su resistencia y esta no se expandirá, y al colocar la geomalla biaxial en el suelo esta expansión se debe mantener.

Según Núñez en su investigación titulada “Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-sintéticos” explica que la resistencia obtenida por el CBR debe mantenerse y esto será gracias a la expansión, ya que al ser menor la expansión es más beneficioso para que el suelo mantenga su estabilidad y resistencia obtenida. Se puede apreciar en los ensayos realizados que la expansión en el suelo natural coincide con la expansión del suelo con la geomalla entre la tercera y cuarta capa de compactación del suelo, esto quiere decir que mantiene la expansión pero el CBR cambia aumentando la resistencia pero mas no la expansión, y si se observa los resultados de la expansión de la primera y segunda capa con los resultados de la segunda y tercera capa de compactación se nota como aumentan los valores de expansión, esto responde a la hipótesis establecida la cual cumple, ya que los valores de la expansión aumentan (0.44%, 0.45%, 0.48%, 0.44%), pero no en todas sus capas de compactación.

Hipótesis N°4: Los valores de la absorción del terreno natural aumentan aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.

La absorción es la proporción de agua que se obtiene luego de haber sido sumergido el molde de CBR en un poso de agua durante 96 horas (4 días)

Según Fiorini en su investigación titulada “Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras” El uso de geosintéticos aumenta la capacidad de carga que soporta el pavimento, disminuyendo así la posibilidad de creación de surcos, adulteramiento de rellenos de carreteras y para ello la absorción del terreno natural es muy importante, ya que al saber la capacidad de humedad que absorbe el suelo se podrá evitar los surcos y adultermientos que puede tener la carretera. En los ensayos realizados se observa como los valores de absorción tienen un ligero aumento (3%, 2.9%, 3.8%, 3.4%) a comparación del suelo natural, lo cual es beneficioso puesto que al aumentar el porcentaje de absorción genera que el terreno analizado mantenga sus propiedades de resistencia.

## **V. CONCLUSIÓN**



## 5.1 Conclusión

Con los resultados de laboratorio se llegó a las siguientes conclusiones:

- La geomalla biaxial se relaciona de forma favorable con el terreno natural, ya que refuerza su resistencia actual de la carretera de Yangas en el año 2018.
- Los valores de CBR que se obtienen usando la geomalla biaxial varían considerablemente, en el terreno natural de Yangas en el año 2018, y son los siguientes:

**Tabla 26:** Resultados de CBR al 95% del SN de Yangas - 2018

<b>CBR al 95% del SN</b>	
<b>SUELO NATURAL</b>	<b>RESULTADOS DE CBR (%)</b>
Sin geomalla	59.2
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	55.7
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	54.7
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	63.2

Fuente: Elaboración propia

Llegando a concluir que es más favorable colocar la geomalla biaxial en la superficie del terreno, ya que va alcanzando una mayor resistencia.

- Los valores que se obtienen en la expansión del terreno natural de Yangas en el año 2018 varían considerablemente y son las siguientes:

**Tabla 22:** *Variación de expansión del suelo de Yangas - 2018*

<b>VARIACIÓN DE EXPANSIÓN</b>	
<b>SUELO NATURAL</b>	<b>RESULTADOS DE EXPANSIÓN</b>
Sin geomalla	0.44
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	0.45
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	0.48
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	0.44

Fuente: Elaboración propia

Llegando a concluir que mientras la geomalla biaxial sea colocada más cerca de la superficie retendrá la expansión del terreno natural igual o casi igual a la expansión del terreno natural.

- Los valores que se obtienen en la absorción del terreno natural de Yangas en el año 2018 varían considerablemente, y son las siguientes:

**Tabla 23:** *Variación de absorción del suelo de Yangas - 2018*

<b>VARIACIÓN DE ABSORCIÓN</b>	
<b>SUELO NATURAL</b>	<b>RESULTADOS DE ABSORCIÓN</b>
Sin geomalla	3.0
Con geomalla entre la 1 <sup>era</sup> y 2 <sup>da</sup> capa	2.9
Con geomalla entre la 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> capa	3.8
Con geomalla entre la 3 <sup>era</sup> y 4 <sup>ta</sup> capa	3.4

Fuente: Elaboración propia

Llegando a concluir que colocando la geomalla biaxial más próxima a la superficie la absorción tiene una relación distinta y variara respecto a las demás.

## **VI. RECOMENDACIONES**

## 6.1. Recomendaciones

Al término de desarrollar el proyecto de investigación surgieron algunas recomendaciones:

- Se recomienda usar la geomalla a partir de la 3era y 4ta capa de compactación, ya que a partir de esa capa es donde se obtiene una mayor resistencia, superando a la resistencia del terreno, lo que la convertiría en un terreno más resistente y óptimo para construir.
- El porcentaje de expansión obtenido en los resultados influye mucho, ya que notamos que en el suelo natural la expansión es la misma de la que se encuentra entre la 3era y 4 capa, haciendo así que el material no se expanda y se mantenga en su misma cantidad
- Se recomienda poder conocer bien el material, ya que al construir con la geomalla biaxial no está normalizado, por ello es que se debe tener conocimiento del material a emplear, diferentes usos, forma de uso y materiales a utilizar al momento de su ejecución.
- Se recomienda utilizar implementos como tapa bocas, guantes y mandil para el laboratorio, ya que la geomalla biaxial al momento de usarla, suele cortar un poco los brazos.
- No es necesario calcular el óptimo contenido de humedad para cada ensayo de CBR, ya que al ser de un mismo lugar, tendrá el mismo óptimo contenido de humedad, y el implementar la geomalla no influye en su variación del óptimo contenido de humedad por que no se combinara o mezclara cambiando su composición del material.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACUÑA, Jorge. Ingeniería de Confiabilidad [en línea]. 1.ª ed. Costa Rica: Tecnología de Costa Rica, 2003 [fecha de consulta: 18 de septiembre de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=TE0Sj5Mku70C&printsec=frontcover>

ISBN: 9977661413

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación [en línea]. 3.ª ed. Colombia: Pearson., 2010 [fecha de consulta: 01 de octubre de 2017].

Disponible en:

<http://eva.sepyc.gob.mx:8383/greenstone3/sites/localsite/collect/ciencia1/index/assoc/HASHe5b1.dir/11050004.pdf>

BUENDÍA, L., COLÁS, P. y HERNÁNDEZ, F. Métodos de investigación en psicopedagogía [en línea]. Madrid: McGraw - Hill, 2001 [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2017]

Disponible en:

[http://www.ugr.es/~ugr\\_unt/Material%20M%F3dulo%201/variables.pdf](http://www.ugr.es/~ugr_unt/Material%20M%F3dulo%201/variables.pdf)

*Caracterización de geosintéticos en virtud de su función principal en la obra vial* [en línea]. Santiago de Chile: Universidad Tecnológica Nacional [Fecha de Consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en:

[https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uq/12/2008\\_Geosinteticos-en-Virtud-de-su-Funcion-Ppal\\_SAM-CONAMET.pc.](https://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uq/12/2008_Geosinteticos-en-Virtud-de-su-Funcion-Ppal_SAM-CONAMET.pc.)

CABALLEROS Torres, Erick. Utilización de la Remalla como Refuerzo de la Estructura del Pavimento Flexible. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.

Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2672\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2672_C.pdf)

*Estabilización y refuerzo en vías con Geomallas Biaxiales* [en línea]. Cancún: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C. [Fecha de Consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en:

[http://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1\\_Reunion\\_Cancun/2\\_XXVI\\_Reunion\\_Nacional/5\\_Vias\\_terrestres/I4PAGI\\_1.pdf](http://www.smig.org.mx/admArticulos/eventos/1_Reunion_Cancun/2_XXVI_Reunion_Nacional/5_Vias_terrestres/I4PAGI_1.pdf)

Ensayo de CBR [en línea]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].

Disponible en [https://es.slideshare.net/elva\\_239/ensayo-de-cbr-54354918](https://es.slideshare.net/elva_239/ensayo-de-cbr-54354918)

Evidencias sobre la validez de contenido: avances teóricos y métodos para su estimulación [en línea]. Universidad de Oviedo [Fecha de Consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en:

<http://scielo.isciii.es/pdf/acp/v10n2/02monografico2.pdf>

FIORINI García, Adolfo. Aplicación de geosintéticos en la construcción de carreteras. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 28,29pp.

Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2800\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2800_C.pdf)

Geosoft PAVCO. Refuerzo en vías con geomallas biaxiales coextruidas. En: Manual y Software de diseño. 151pp.

Disponible en:

[http://www.mexichem.com.mx/Sol\\_Integrales/geosinteticos/pdfs/Manual\\_Disenio\\_8aEdicion/capitulo\\_6\\_Refuerzo\\_vias\\_Geomallas\\_BiaxialesCoextruidas.pdf](http://www.mexichem.com.mx/Sol_Integrales/geosinteticos/pdfs/Manual_Disenio_8aEdicion/capitulo_6_Refuerzo_vias_Geomallas_BiaxialesCoextruidas.pdf)

GAVILANES Davila, Nydia. Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera zumbahua – la maná. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2012. 25,26pp.

Disponible en:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6427/9.20.001877.pdf;sequence=4>

*Geomallas Coextruidas y de Fibra De Vidrio* [en línea]. MEXICO: AMANCO Geosinteticos [Fecha de Consulta: 01 de octubre de 2017].

Disponible en:

[http://www.mexichem.com.mx/Sol\\_Integrales/Geosinteticos/pdfs/Infraestructura/Catalogo%20Funciones%20Aplicaciones%20Geomallas.pdf](http://www.mexichem.com.mx/Sol_Integrales/Geosinteticos/pdfs/Infraestructura/Catalogo%20Funciones%20Aplicaciones%20Geomallas.pdf)

HUMPIRI Pineda, Katia. Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2015.

Disponible en <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31-003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L. Metodología de la investigación [en línea]. 4.ª ed. México, 2006 [fecha de consulta: 15 de septiembre de 2017].

Disponible en:

[https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis\\_sampieri\\_unidad\\_1-1.pdf](https://investigar1.files.wordpress.com/2010/05/1033525612-mtis_sampieri_unidad_1-1.pdf)

ISBN: 970-10-5753-8

*Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria* [en línea]. Quito: Universidad tecnología Indoamericana [Fecha de Consulta: 14 de septiembre de 2017].  
Disponible en:  
<http://www.uti.edu.ec/antiguo/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Metodología de la investigación [en línea]. 1.ª ed. 2005 [fecha de consulta: 16 de septiembre de 2017].  
Disponible en:  
<http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/22%20CURSO%20DE%20METODOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N.pdf>

*La formulación de hipótesis* [en línea]. Chile: Cinta moebio [Fecha de Consulta: 26 de septiembre de 2017].  
Disponible en:  
<http://www.cintademoebio.uchile.cl/index.php/CDM/article/viewFile/26238/27530>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras [en línea]. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2017].  
Disponible en:  
[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20-%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20-%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf)

MORENO, Guadalupe. Introducción a la Metodología de la investigación educativa [en línea]. 2.ª ed. Mexico: Progreso. S.A., 2000 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2017].  
Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=15t\\_h9QddksC&printsec=frontcover](https://books.google.com.pe/books?id=15t_h9QddksC&printsec=frontcover)

MOHEDAS, Margarita y MORENO, Alberto. Apertura y Mantenimiento de vías forestales. [En línea]. España: Paraninfo S.A., 2014 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2018].  
Disponible en  
<https://books.google.com.pe/books?id=SRINBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras [en línea]. 1.ª ed. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2017].  
Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)



NUÑEZ Condori, Anselmo. Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2016. 18pp.

Disponible en:

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2056/Anselmo\\_Nu%C3%B1ez\\_Condori.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2056/Anselmo_Nu%C3%B1ez_Condori.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ORREGO Cabanillas, Daniel. Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, 2014. 1pp.

Disponible en:

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5419/ORREGO\\_DANIEL\\_ANALISIS\\_GEOMALLAS\\_BASES\\_GRANULARES\\_PAVIMENTOS\\_FLEXIBLES.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5419/ORREGO_DANIEL_ANALISIS_GEOMALLAS_BASES_GRANULARES_PAVIMENTOS_FLEXIBLES.pdf?sequence=1)

*Pavimentos de larga duración* [en línea]. México. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2017].

Disponible en:

[www.portal-comercial-smm.com/pdf/Pavimentos%20de%20larga%20duracion.pdf](http://www.portal-comercial-smm.com/pdf/Pavimentos%20de%20larga%20duracion.pdf)

PEERSMAN, Jorge. Sinopsis: método de recolección y análisis de datos en la evaluación de impacto. [En línea]. 2014 [fecha de consulta: 18 de septiembre de 2017].

Disponible en:

[https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/brief\\_10\\_data\\_collection\\_analysis\\_spa.pdf](https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/brief_10_data_collection_analysis_spa.pdf)

ROJAS, Raul. Investigación social [en línea]. 10.ª ed. Mexico: Plazas y Valdes S.A. de C.V. 2015 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=a5A-au7zn7YC&printsec=frontcover&hl=es>

RICO, Alfonso y CASTILLO, Hermilo. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. [En línea]. México: LIMUSA, S.A., 2005 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2018].

Disponible en

[https://books.google.com.pe/books?id=rU\\_pA257zUEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=rU_pA257zUEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true)

ISBN: 968-18-0054-0

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: Materiales, construcción y diseño [en línea]. 1.ª ed. Colombia: ECOE EDICIONES, 2015 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2017].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es>  
ISBN: 978-958-771-175-2

SOTO Islas, Eduardo. La aplicación de geosintéticos a terraplenes. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2009. 59pp.

Disponible en:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2974/sotoislas.pdf?sequence=1>

SALKIND, Neil. Investigación social [en línea]. México: Prentice hall hispanoamericana S.A. 1999 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2017].

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=3uIW0vVD63wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=3uIW0vVD63wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)  
ISBN: 970-17-0234-4

SAENZ, Juan. Mecánica de Suelos. [En línea]. España: Editores Técnicos asociados, S. A., 1975 [fecha de consulta: 10 de mayo de 2018].

Disponible en

[https://books.google.com.pe/books?id=oQFZRKlix\\_EC&printsec=frontcover&dq=atterberg,+sanz+1975&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiIkNHcxavbAhUNy1kKHxAdACEQ6AEIjAA#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=oQFZRKlix_EC&printsec=frontcover&dq=atterberg,+sanz+1975&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiIkNHcxavbAhUNy1kKHxAdACEQ6AEIjAA#v=onepage&q&f=true)  
ISBN: 84-7146-165-X

TAIPE Sarmiento, Walter y TOVAR Choccelahua, Edson. Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lircay Km 0+010 Camino a Ocopa departamento de Huancavelica. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería de Minas - Civil, 2011. 30,31pp.

Disponible en:

<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/218/TP%20%20UNH%20CIVIL%20001.pdf?sequence=1>

ZORNBERG, Jorge. Sistema de pavimentos reforzados con geosintéticos [en línea]. 2013 [fecha de consulta: 06 de octubre de 2017].

Disponible en: [http://www.ce.utexas.edu/prof/zornberg/pdfs/AJ/Zornberg\\_2013d.pdf](http://www.ce.utexas.edu/prof/zornberg/pdfs/AJ/Zornberg_2013d.pdf)

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	MÉTODO
<b>GENERAL</b> ¿Cómo influye el terreno natural aplicando material geosintético en el mejoramiento de su resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018?	<b>GENERAL</b> Determine la relación que hay entre el terreno natural aplicando material geosintético y el mejoramiento de su resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018	<b>GENERAL</b> La aplicación del material geosintético influye en el mejoramiento de la resistencia para la base granular de la carretera Yangas – Lima 2018	VI: Terreno natural aplicando material geosintético.	Análisis Granulométrico	Grava o arena	<b>Diseño</b> Experimental.  <b>Tipo</b> Aplicada.  <b>Nivel</b> Correlacional.  <b>Enfoque</b> Cuantitativo.  <b>Población</b> Toda la carretera Carabayllo – Canta.  <b>Muestra</b> Del km 55 al km 56 de la carretera de Yangas.  <b>Muestreo</b> No probabilístico.
<b>ESPECÍFICOS</b>  ¿Cómo varían los valores del CBR del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?  ¿Cómo varían los valores de la expansión del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?  ¿Cómo varían los valores de la absorción del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?	<b>ESPECÍFICOS</b>  Determine la relación que hay entre los valores del CBR y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.  Determine la relación que hay entre los valores de la expansión y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018  Determine la relación que hay entre los valores de la absorción y el terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018.	<b>ESPECIFICOS</b>  Aumentan los valores del CBR del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018?  Aumentan los valores de la expansión del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018  Aumentan los valores de la absorción del terreno natural aplicando material geosintético en la carretera de yangas - Lima 2018		Clasificación de suelos para propósito de ingeniería	SUCS	
				Límite de consistencias físicas	AASHTO	
					Limite liquido	
					Limite plástico	
				Relación de soporte de california	Índice de plasticidad	
Expansión						
Absorción						
Óptimo contenido de humedad	CBR					
	Máxima densidad seca del suelo					
Contenido de humedad del suelo						



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Lima, 15 MAYO 2018

**OFICIO N° 092 - 2018-MTC /14.01.-**

Señor:

**JOSÉ CÉSAR RAMIREZ ZEVALLOS**

Inca Garcilazo de la Vega N° 145

Lima 1.-

Asunto : Resultados de Ensayos de Laboratorio

Referencia : a) REC N° 059-2018-FPL-501-G  
b) O.S. N° 079-2018-MTC/14.01  
c) Boleta: B004-0000361

Me dirijo a usted en atención a los documentos de la referencia, a fin de remitir el Informe de Ensayo N° 079-2018-MTC/14.01 (15 folios) con los resultados de ensayos de laboratorio, específicamente solicitados y realizados a una (01) muestra de suelo, tomada, remitida e identificada como procedente del Proyecto: "Optimización del espesor del Pavimento Flexible con material Geosintético para mejorar su resistencia en la Carretera de Yangas", ubicado en el departamento de Lima.

Atentamente,



Ing. Segundo S. Villalobos Celis  
Dirección de Estudios Especiales  
DIRECTOR (E)

[www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)

Av. Túpac Amaru N° 150  
Rímac, Lima 25 Perú  
(511) 4813707



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

00000001

LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 7 9 - 2 018-MTC/14.01

SOLICITANTE : JOSÉ CÉSAR RAMÍREZ ZEVALLOS MUESTRA : Suelo  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 2do Etapa - Lima - Lima IDENTIFICACIÓN : El que se indica  
PROYECTO : "Optimización del espesor del Pavimento Flexible con material Geosintético para mejorar su resistencia en la Carretera de Yungas" CANTIDAD : 260 kg  
REFERENCIA : REC N° 059-2 018-FPL-501-G PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.04.19 FECHA ENSAYO :

MALLAS		DENOMINACIÓN	Material de Suelo							
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	NORMAS ENSAYO	RET (%)	PASA (%)						
3"	76.200	NTP 339.128 (2 014)								
2 1/2"	63.500									
2"	50.800			100						
1 1/2"	38.100		5	95						
1"	25.400		7	88						
3/4"	19.050		6	82						
1/2"	12.700		6	76						
3/8"	9.525		7	69						
1/4"	6.350		11	58						
N° 4	4.750		3	55						
N° 6	3.350		4	51						
N° 8	2.380		5	46						
N° 10	2.000		2	44						
N° 16	1.190		5	39						
N° 20	0.840		2	37						
N° 30	0.590		3	34						
N° 40	0.426		2	32						
N° 50	0.297		2	30						
N° 60	0.177		4	26						
N° 100	0.149		1	25						
N° 200	0.074		4	21						
- N° 200	-	NTP 339.128 (2 014)	21	-						
LÍMITE LÍQUIDO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (2 014)	22							
LÍMITE PLÁSTICO (Malla N° 40)		NTP 339.129 (2 014)	18							
ÍNDICE PLÁSTICO (%)		NTP 339.129 (2 014)	4							
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)		NTP 339.134 (2 014)	GM-GC							

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Santa Rosa de Quives - Provincia de Canta - Departamento de Lima
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 018.04.19
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACH. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA  
Lima, 27 de Abril de 2 018

USA (1/6)  
0002/pctlog  
O.S. N° 078



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac.

Tel.: 481-3707

Fax: 481-0877



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2 018-MTC/14.01

SOLICITANTE : JOSÉ CÉSAR RAMIREZ ZEVALLOS MUESTRA : Suelo  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 2do Etapa - Lima - Lima IDENTIFICACIÓN : El que se indica  
PROYECTO : "Optimización del espesor del Pavimento Flexible con material Geosintético para mejorar su resistencia en la Carretera de Yangas" CANTIDAD : 260 kg  
REFERENCIA : REC N° 059-2 018-FPL-501-G PRESENTACIÓN : Saco de polietileno  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 018.04.19. FECHA DE ENSAYO : 2 018.04.25.

NTP 339.146 (2 014) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (\*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Material de Suelo	24

Observaciones:

- (\*) Referencia: ASTM D-2419 (2014). "Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Santa Rosa de Quives - Provincia de Canta - Departamento de Lima
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 018.04.19.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACH. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA  
Lima, 27 de Abril de 2 018

USA (2/6)  
oesc/ccg  
O.S. N° 079



LABORATORIO



DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rímac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0877





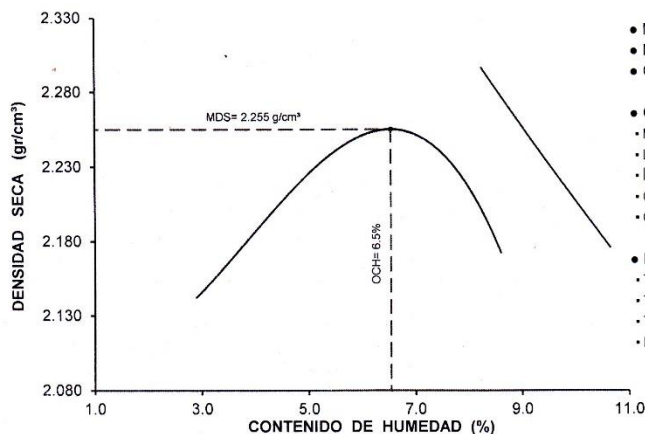
**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 - San Agustín - Comas  
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yungas" Lima - 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02

MUESTRA : Suelo  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.04.25 al 2018.04.26

**NTP 339.141 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))**

01 - Masa Suelo Humedo + Molde (g)	7896.0	8108.0	8226.0	8184.0
02 - Masa del Molde (g)	3139.0	3139.0	3139.0	3139.0
03 - Masa Suelo Humedo (g)	4757.0	4969.0	5087.0	5045.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	2116.0	2116.0	2116.0	2116.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	2.248	2.348	2.404	2.384
06 - Tarro N°	114	79	164	61
07 - Masa suelo humedo + tarro (g)	434.3	422.5	497.2	477.0
08 - Masa suelo seco + tarro (g)	422.0	411.1	477.0	457.9
09 - Masa del agua (g)	12.3	11.4	20.2	19.1
10 - Masa del tarro (g)	87.8	88.8	89.5	90.5
11 - Masa suelo seco (g)	334.2	322.3	387.5	367.4
12 - Contenido de Humedad (%)	3.68	3.54	5.21	5.20
13 - Promedio de Humedad (%)	3.6		5.2	6.6
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	2.170	2.232	2.255	2.203



- Método de compactación "C"
- Máxima densidad seca, g/cm³ 2.255
- Óptimo cont. de humedad, % 6.5
- Características del espécimen:
  - Masa espec. relat. de sólidos (NTP 339.131) 2.832
  - Límite líquido, % (NTP 339.129) 22.0
  - Índice de plasticidad, % (NTP 339.129) 4.0
  - Clasificación SUCS (NTP 339.134) GM-GC
  - Clasificación AASHTO (NTP 339.135) A-1-b (0)
- Retenidos acumulados, % (\*):
  - Tamiz 3/4" (19,050 mm) (NTP 339.128) 18.0
  - Tamiz 3/8" (9,525 mm) (NTP 339.128) 31.0
  - Tamiz N° 4 (4,760 mm) (NTP 339.128) 45.0
  - Pasa tamiz N°200 (0,074 mm) (NTP 339.132) 21.0

**Observaciones :**

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.  
Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.331 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.5%  
Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2018.04.03  
Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).  
Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (1/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



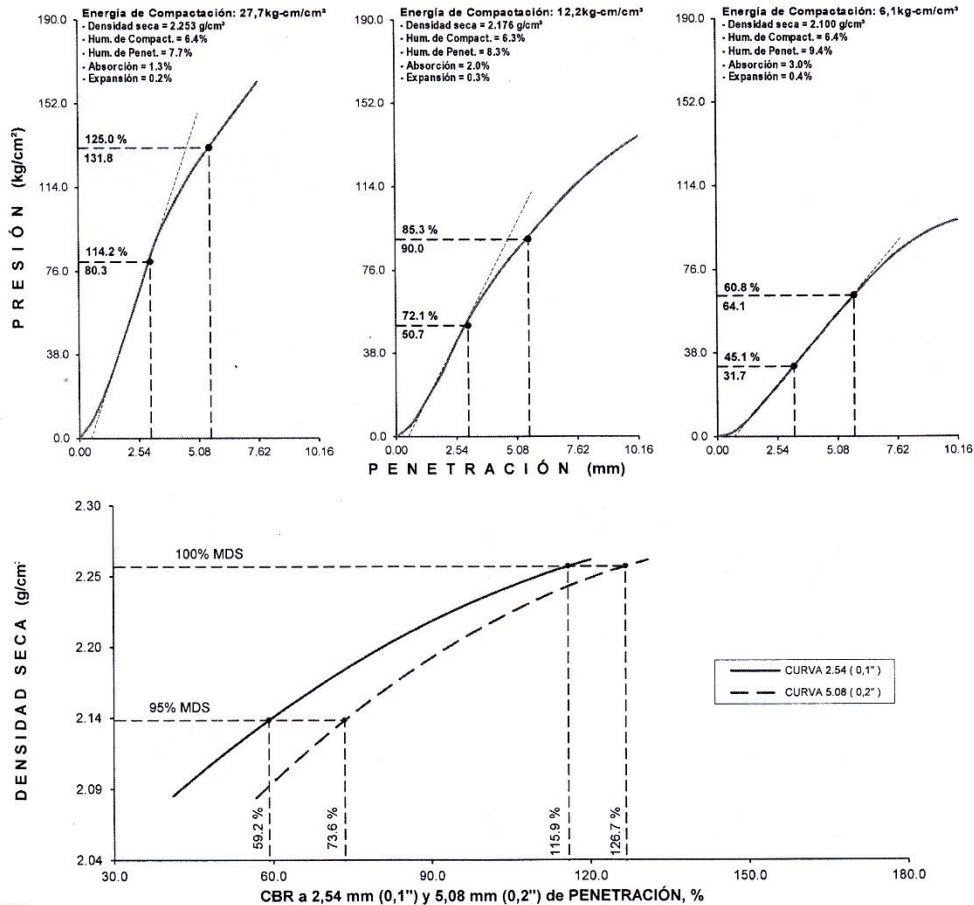


10000008

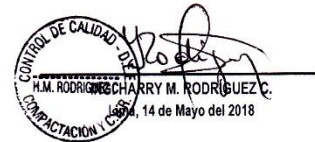
LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 - San Agustín - Comas  
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yangas" Lima - 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02  
MUESTRA : Suelo  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta  
Departamento de Lima  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.05.07 al 2018.05.11

NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO



UCC (2/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf. : 481-3707 Fax : 481-0677



100000009

**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR	MUESTRA : Suelo
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 - San Agustín - Comas	IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yungas" Lima - 2018	Departamento de Lima
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G	CANTIDAD : 260 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02	PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2018.05.07 al 2018.05.11

**NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

• Procedimiento de Compactación	(NTP 339.141 (1999))	:	"C"	
• Método de Preparación	(NTP 339.141 (1999))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(NTP 339.141 (1999))	:	2.255 g/cm³	(22.11 kN/m²)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(NTP 339.141 (1999))	:	6.5 %	
• Penetración	2,54 mm (0.1")		5,08 mm (0.2")	
• CBR al 100% de la MDS	115.9 %		126.7 %	
• CBR al 95% de la MDS	59.2 %		73.6 %	
• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días			
	<u>Especimen N° 01</u>		<u>Especimen N° 02</u>	<u>Especimen N° 03</u>
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm³		12.2 kg*cm/cm³	6.1 kg*cm/cm³
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.253 g/cm³		2.176 g/cm³	2.100 g/cm³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg		4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.20 %		0.33 %	0.44 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.4 %		6.3 %	6.4 %
• Humedad de penetración	7.7 %		8.3 %	9.4 %
• Absorción	1.3 %		2.0 %	3.0 %
• Características de los especímenes				
• Retenido acumulado en tamices (*)	(NTP 339.128) : 3/4" (19,050 mm)		18.0 %	
	(NTP 339.128) : 3/8" (9,525 mm)		31.0 %	
	(NTP 339.128) : N°4 (4,074 mm)		45.0 %	
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm)		21.0 %	
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(NTP 339.131) : 2.832			
• Límite líquido	(NTP 339.129) : 22.0 %			
• Índice de plasticidad	(NTP 339.129) : 4.0 %			
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134) : GM-GC			
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135) : A-1-b (0)			

**Observaciones :**

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.331 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.5%

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2018.04.03

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (3/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



H.M. RODRÍGUEZ C.  
HARRY M. RODRÍGUEZ C.  
Lima, 14 de Mayo del 2018



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf. : 481-3707

Fax : 481-0677

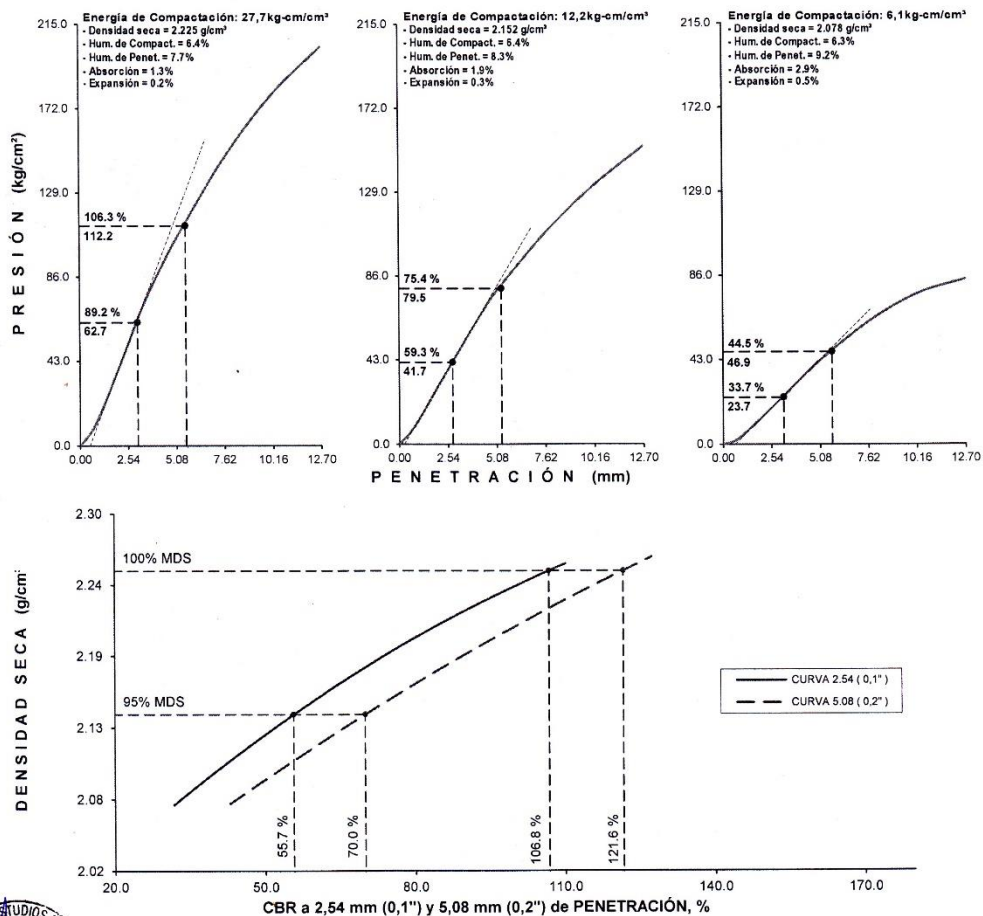


LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 - 5A  
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yungas" - Lima 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02

MUESTRA : Suelo+Geosintético entre 1ra y 2da Capa  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta  
Departamento de Lima.  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.04.27 al 2018.05.01

NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO



UCC (4/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



LABORATORIO DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677





**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR	MUESTRA : Suelo+Geosintético entre 1ra y 2da Capa
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 - 5A	IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yangas" - Lima 2018	Departamento de Lima.
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G	CANTIDAD : 260 kg
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02	PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
	FECHA DE ENSAYO : 2018.04.27 al 2018.05.01

**NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

• Procedimiento de Compactación	(NTP 339.141 (1999))	:	"C"	
• Método de Preparación	(NTP 339.141 (1999))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(NTP 339.141 (1999))	:	2.255 g/cm³	(22.11 kN/m³)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(NTP 339.141 (1999))	:	6.5 %	

• Penetración	2,54 mm (0.1")	5,08 mm (0.2")
• CBR al 100% de la MDS	106.8 %	121.6 %
• CBR al 95% de la MDS	55.7 %	70.0 %

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	<u>Especimen N° 01</u>	<u>Especimen N° 02</u>	<u>Especimen N° 03</u>
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm³	12.2 kg*cm/cm³	6.1 kg*cm/cm³
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.225 g/cm³	2.152 g/cm³	2.078 g/cm³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.21 %	0.31 %	0.45 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.4 %	6.4 %	6.3 %
• Humedad de penetración	7.7 %	8.3 %	9.2 %
• Absorción	1.3 %	1.9 %	2.9 %

• Características de los especímenes

• Retenido acumulado en tamices (*)	(NTP 339.128)	:	3/4" (19,050 mm)	18.0 %
	(NTP 339.128)	:	3/8" (9,525 mm)	31.0 %
	(NTP 339.128)	:	N°4 (4,074 mm)	45.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132)	:	N°200 (0,074 mm)	21.0 %
• Peso Especifico Relativo de Partículas Sólidas	(NTP 339.131)	:	2.832	
• Límite líquido	(NTP 339.129)	:	22.0 %	
• Índice de plasticidad	(NTP 339.129)	:	4.0 %	
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134)	:	GM-GC	
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135)	:	A-1-b (0)	

**Observaciones :**

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(\*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.331 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.5%

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2018.04.03

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (5/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



H.M. RODRÍGUEZ RIVERA M. RODRÍGUEZ C.  
Lima, 14 de Mayo del 2018



**LABORATORIO**



**DEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax : 481-0677



LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR

DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 S.A

PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yangas" - Lima 2018

REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G

FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02

MUESTRA :

IDENTIFICACIÓN :

CANTIDAD :

PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno

FECHA DE ENSAYO : 2018.04.27 al 2018.05.01

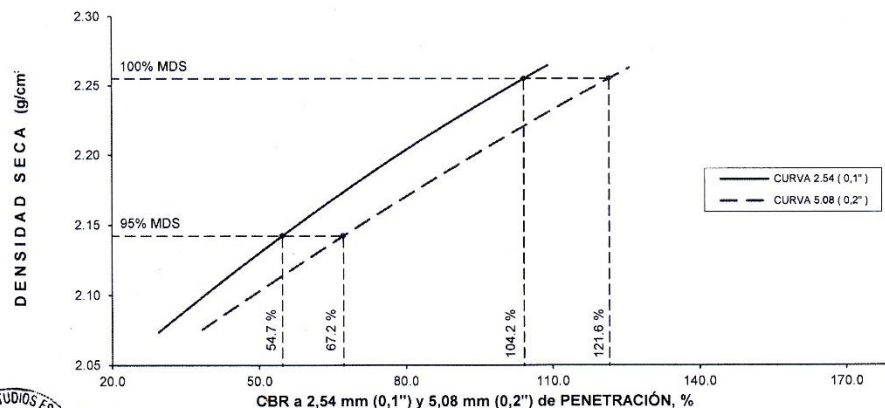
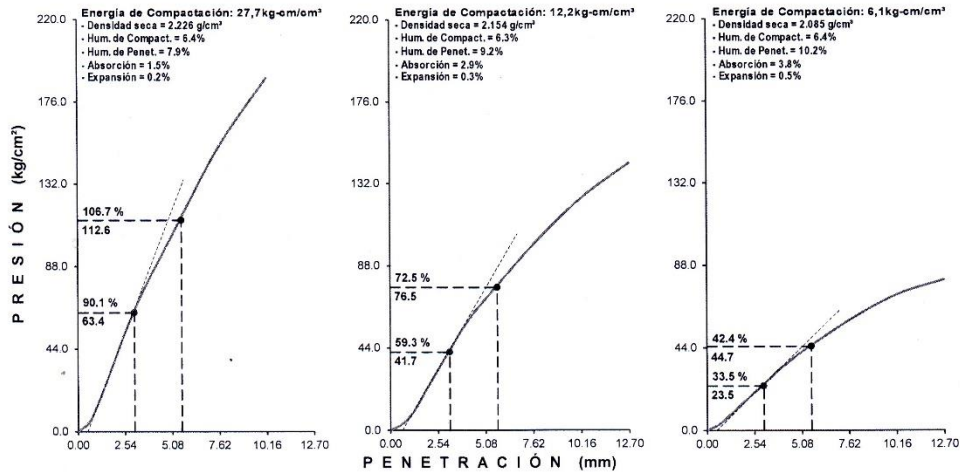
: Suelo+Geosintético entre 2da y 3ra Capa

: Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta

: Departamento de Lima

: 260 kg

NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO



CBR a 2,54 mm (0,1") y 5,08 mm (0,2") de PENETRACIÓN, %



UCC (6/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



LABORATORIO DEE

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac.

Telf.: 481-3707

Fax: 481-0677



**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 S.A.  
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yangas" - Lima 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02

MUESTRA : Suelo+Geosintético entre 2da y 3ra Capa  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives-Provincia de Canta  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.04.27 al 2018.05.01

**NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

• Procedimiento de Compactación	(NTP 339.141 (1999))	:	"C"	
• Método de Preparación	(NTP 339.141 (1999))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(NTP 339.141 (1999))	:	2.255 g/cm³	(22.11 kN/m³)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(NTP 339.141 (1999))	:	6.5 %	
• Penetración	2,54 mm (0.1")		5,08 mm (0.2")	
• CBR al 100% de la MDS	104.2 %		121.6 %	
• CBR al 95% de la MDS	54.7 %		67.2 %	
• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días			
	Especimen N° 01		Especimen N° 02	Especimen N° 03
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm³		12.2 kg*cm/cm³	6.1 kg*cm/cm³
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.226 g/cm³		2.154 g/cm³	2.085 g/cm³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg		4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.20 %		0.33 %	0.48 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.4 %		6.3 %	6.4 %
• Humedad de penetración	7.9 %		9.2 %	10.2 %
• Absorción	1.5 %		2.9 %	3.8 %
• Características de los especímenes				
• Retenido acumulado en tamices (*)	(NTP 339.128) : 3/4" (19,050 mm)		18.0 %	
	(NTP 339.128) : 3/8" (9,525 mm)		31.0 %	
	(NTP 339.128) : N°4 (4,074 mm)		45.0 %	
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132) : N°200 (0,074 mm)		21.0 %	
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(NTP 339.131) : 2.832			
• Límite líquido	(NTP 339.129) : 22.0 %			
• Índice de plasticidad	(NTP 339.129) : 4.0 %			
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134) : GM-GC			
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135) : A-1-b (0)			

**Observaciones :**

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(\*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.331 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.5%

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2018.04.03

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (7/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677

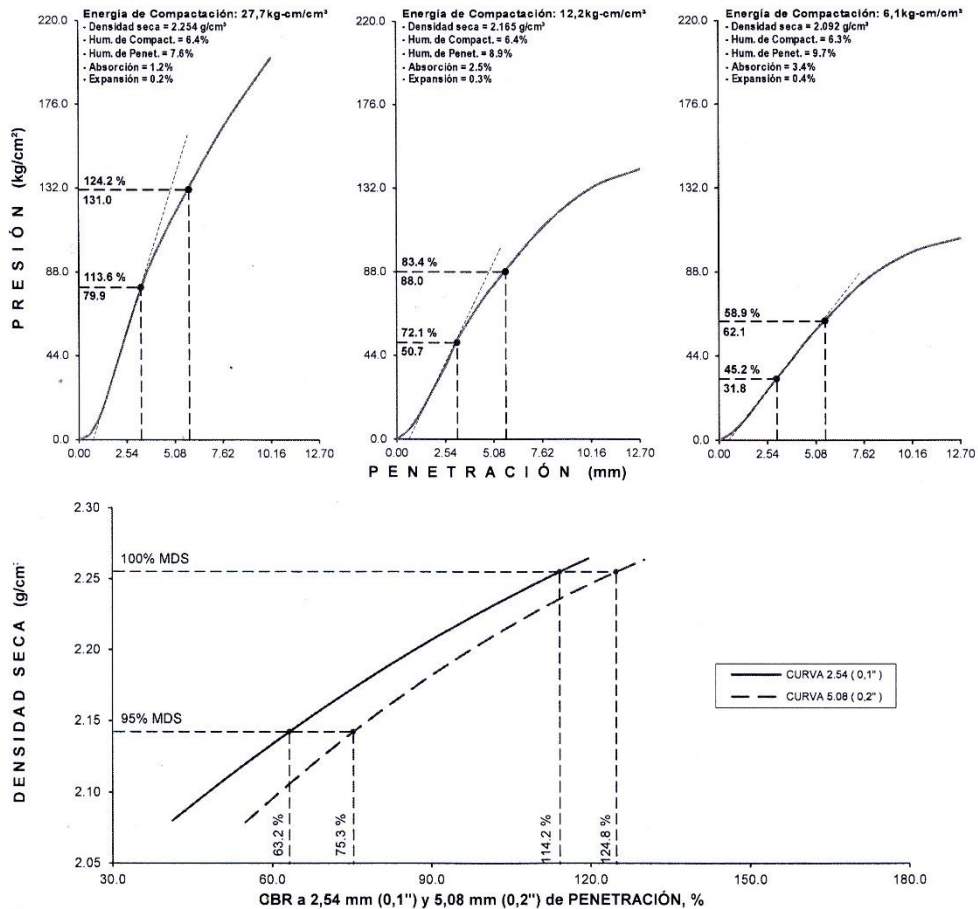




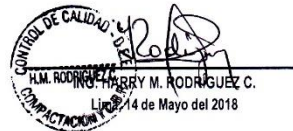
LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES  
INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 San Agustín - Comas  
PROYECTO : Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yungas - Lima 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02  
MUESTRA : Suelo+Geosintético entre 3ra-4ta Capa  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives - Provincia de Santa  
Departamento de Lima.  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.05.07 al 2018.05.11

NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA)  
DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO



UCC (8/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



LABORATORIO



Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677



**LABORATORIO DE LA DIRECCIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES**  
**INFORME DE ENSAYO N° 079 - 2018 - MTC/14.01**

SOLICITANTE : RAMÍREZ ZEVALLOS, JOSÉ CÉSAR  
DOMICILIO LEGAL : Inca Garcilazo de la Vega N° 145 San Agustín - Comas  
PROYECTO : "Optimización del espesor del pavimento flexible con material geosintético para mejorar su resistencia en la carretera de Yangas" - Lima 2018  
REFERENCIA : REC N° 059 - 2018 - FPL - 501 - G  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018.04.02  
MUESTRA : Suelo+Geosintético entre 3ra-4ta Capa  
IDENTIFICACIÓN : Santa Rosa de Quives - Provincia de Canta  
Departamento de Lima.  
CANTIDAD : 260 kg  
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno  
FECHA DE ENSAYO : 2018.05.07 al 2018.05.11

**NTP 339.145 (1999) SUELOS. MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

• Procedimiento de Compactación	(NTP 339.141 (1999))	:	"C"	
• Método de Preparación	(NTP 339.141 (1999))	:	Húmedo	
• Máxima Densidad Seca (MDS)	(NTP 339.141 (1999))	:	2.255 g/cm³	(22.11 kN/m³)
• Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	(NTP 339.141 (1999))	:	6.5 %	

• Penetración	2,54 mm (0,1")	5,08 mm (0,2")
• CBR al 100% de la MDS	114.2 %	124.8 %
• CBR al 95% de la MDS	63.2 %	75.3 %

• Condición de la muestra ensayada	Embebido en agua: 4 días		
	<u>Especimen N° 01</u>	<u>Especimen N° 02</u>	<u>Especimen N° 03</u>
• Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm³	12.2 kg*cm/cm³	6.1 kg*cm/cm³
• Densidad seca (antes de ser remojada)	2.254 g/cm³	2.165 g/cm³	2.092 g/cm³
• Masa de sobrecarga	4.53 kg	4.53 kg	4.53 kg
• Expansión (hinchamiento)	0.17 %	0.31 %	0.44 %
• Humedad (antes de la compactación)	6.4 %	6.4 %	6.3 %
• Humedad de penetración	7.6 %	8.9 %	9.7 %
• Absorción	1.2 %	2.5 %	3.4 %

**• Características de los especímenes**

• Retenido acumulado en tamices (*)	(NTP 339.128) :	3/4" (19,050 mm)	18.0 %
	(NTP 339.128) :	3/8" (9,525 mm)	31.0 %
	(NTP 339.128) :	N°4 (4,074 mm)	45.0 %
• Pasa tamiz N° 200	(NTP 339.132) :	N°200 (0,074 mm)	21.0 %
• Peso Específico Relativo de Partículas Sólidas	(NTP 339.131) :	2.832	
• Límite líquido	(NTP 339.129) :	22.0 %	
• Índice de plasticidad	(NTP 339.129) :	4.0 %	
• Clasificación SUCS	(NTP 339.134) :	GM-GC	
• Clasificación AASHTO	(NTP 339.135) :	A-1-b (0)	

**Observaciones :**

Muestra proporcionada e identificada por el Solicitante.

(\*) Ensayo efectuado eliminando el material mayor de 2" (50.8 mm).

Corrección por material extradimensionado (ASTM D-4718): Máx. Den. Seca Corregida = 2.331 g/cm³; Ópt. Cont. de Hum. Corregida = 5.5%

Fecha de Orden de Ensayo y/o Preparación : 2018.04.03

Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).

Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



UCC (9/9)  
hrc/rmp/jma  
O.S. N° 079



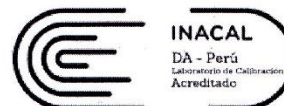
**LABORATORIO DEEE**

Av. Túpac Amaru N°150 - Rimac. Telf.: 481-3707 Fax: 481-0677





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MC-1488-2017

Fecha de emisión: 2018-01-10

EXP: 72334

Pág. 1 de 3

1. **Solicitante** : DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES - DGCyF - MTC
2. **Dirección** : Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac - Lima
3. **Instrumento calibrado** : BALANZA
  - **Clasificación** : No automática
  - **Marca / Fabricante** : METTLER TOLEDO
  - **Modelo** : PB8001
  - **Número de serie** : 1116290793
  - **Procedencia** : No indica
  - **Tipo** : Electrónica
  - **Identificación** : USA-114
  - **Capacidad máxima** : 8100 g
  - **Capacidad mínima** : 5 g
  - **Div. de escala (d)** : 0,1 g
  - **Div. de verificación (e)** : 1 g
  - **Clase de exactitud** : No indica
  - **Ubic. del instrumento** : Unidad Agregados y Suelos
4. **Lugar de calibración** : Instalaciones de DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES - DGCyF - MTC
5. **Fecha de calibración** : 2017-12-12
6. **Método de calibración**

Comparación directa de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido según el PC-011: 4ª Ed., "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del INDECOPI-SNM.
7. **Trazabilidad**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM. Se utilizaron pesas patrones de códigos:  
IM-1078 con Certificado de Calibración LM-C-410-2017 del INACAL-DM  
IM-1072 con Certificado de Calibración N° M-0857-2017 de METROIL S.A.C.  
IM-498 con Certificado de Calibración LM-281-2017 del INACAL-DM  
IM-1126 con Certificado de Calibración LM-C-631-2016 del INACAL-DM  
IM-1127 con Certificado de Calibración LM-659-2016 del INACAL-DM

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

FRANCISCO BACILIO CHAVEZ  
Jefe del Laboratorio Temperatura, Volumen y Masa

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MC-1487-2017

Fecha de emisión: 2018-01-10

EXP: 72334  
Pág. 1 de 3

1. **Solicitante** : DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES - DGCyF - MTC
2. **Dirección** : Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac - Lima
3. **Instrumento calibrado** : BALANZA
  - **Clasificación** : No automática
  - **Marca / Fabricante** : KERN
  - **Modelo** : 474-32
  - **Número de serie** : 022510091
  - **Procedencia** : Germany
  - **Tipo** : Electrónica
  - **Identificación** : USA-113
  - **Capacidad máxima** : 620 g
  - **Capacidad mínima** : 0,5 g
  - **Div. de escala (d)** : 0,01 g
  - **Div. de verificación (e)** : 0,1 g
  - **Clase de exactitud** : II
  - **Ubic. del instrumento** : Laboratorio Agregados y Suelos
4. **Lugar de calibración** : Instalaciones de DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES - DGCyF - MTC
5. **Fecha de calibración** : 2017-12-12
6. **Método de calibración**

Comparación directa de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido según el PC-011: 4ª Ed., "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del INDECOPI-SNM.
7. **Trazabilidad**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM. Se utilizaron pesas patrones de códigos: IM-1078 con Certificado de Calibración LM-C-410-2017 del INACAL-DM IM-1072 con Certificado de Calibración N° M-0857-2017 de METROIL S.A.C.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

  
  
FRANCISCO BACILIO CHAVEZ  
Jefe del Laboratorio Temperatura, Volumen y Masa

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo




## Certificado de Calibración

**LLA - 207 - 2017**

Página 1 de 5

Expediente	93971	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rimac	
Instrumento de Medición	TAMIZ	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).
Valor Nominal	75 mm	
N° de Tamiz	3 in	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	NO INDICA	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
Número de Serie	02426844	
Norma aplicada	ASTM E11	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Fecha de Calibración	2017-05-11	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-12	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



INACAL  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

LLA - 211 - 2017

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac
Instrumento de Medición	TAMIZ
Valor Nominal	75 $\mu$ m
N° de Tamiz	200
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	164728901
Norma aplicada	ASTM E11
Fecha de Calibración	2017-05-15




Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-15	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camélias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

**LLA - 206 - 2017**

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac
Instrumento de Medición	TAMIZ
Valor Nominal	37,5 mm
N° de Tamiz	1 1/2 in
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	153821815
Norma aplicada	ASTM E11
Fecha de Calibración	2017-05-11




Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-12	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración




**LLA - 201 - 2017**

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac	
Instrumento de Medición	TAMIZ	
Valor Nominal	4,75 mm	
N° de Tamiz	4	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	154211371	
Norma aplicada	ASTM E11	
Fecha de Calibración	2017-05-10	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-11	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Tel.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

### LLA - 202 - 2017

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac
Instrumento de Medición	TAMIZ
Valor Nominal	9,5 mm
N° de Tamiz	3/8 in
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	154124776
Norma aplicada	ASTM E11
Fecha de Calibración	2017-05-11


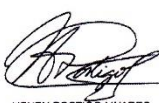

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-11	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-9820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

**LLA - 200 - 2017**

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	<b>93971</b>
Solicitante	<b>MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</b>
Dirección	<b>Túpac Amaru N° 150 - Rímac</b>
Instrumento de Medición	<b>TAMIZ</b>
Valor Nominal	<b>2,00 mm</b>
N° de Tamiz	<b>10</b>
Marca	<b>ELE INTERNATIONAL</b>
Modelo	<b>NO INDICA</b>
Número de Serie	<b>154226578</b>
Norma aplicada	<b>ASTM E11</b>
Fecha de Calibración	<b>2017-05-08</b>

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha

Dirección de Metrología

Responsable del laboratorio



2017-05-11

HENRY POSTIGO LINARES

JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

**LLA - 199 - 2017**

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rimac
Instrumento de Medición	TAMIZ
Valor Nominal	1,18 mm
N° de Tamiz	16
Marca	ELE INTERNATIONAL
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	153720462
Norma aplicada	ASTM E11
Fecha de Calibración	2017-05-08




Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-11	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración




**LLA - 204 - 2017**

Laboratorio de Longitud y Angulo

Página 1 de 5

Expediente	93971	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).
Instrumento de Medición	TAMIZ	
Valor Nominal	19 mm	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
N° de Tamiz	3/4 in	
Marca	ELE INTERNATIONAL	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	153821453	
Norma aplicada	ASTM E11	
Fecha de Calibración	2017-05-11	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-12	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

Laboratorio de Longitud y Angulo




## Certificado de Calibración

**LLA - 210 - 2017**

Página 1 de 5

Expediente	93971	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	
Dirección	Túpac Amaru N° 150 - Rímac	
Instrumento de Medición	TAMIZ	
Valor Nominal	425 $\mu\text{m}$	
N° de Tamiz	40	
Marca	ELE INTERNATIONAL	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	154722444	
Norma aplicada	ASTM E11	
Fecha de Calibración	2017-05-12	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.  
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Dirección de Metrología	Responsable del laboratorio
 2017-05-15	 HENRY POSTIGO LINARES	 JANNET CARRASCO TUESTA

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





CBR sumergido en poza



Contenido de humedad



Compactación de CBR



CBR con penetración de 1"



Clasificación de suelos



Corte de la geomalla biaxial



Ensayo de límite de atterberg



Muestra de 3 kg de suelo de Yangas



Penetración a 1" y 2" de profundidad de CBR



Tamizado del suelo de Yangas





Ensayo de granulométrico



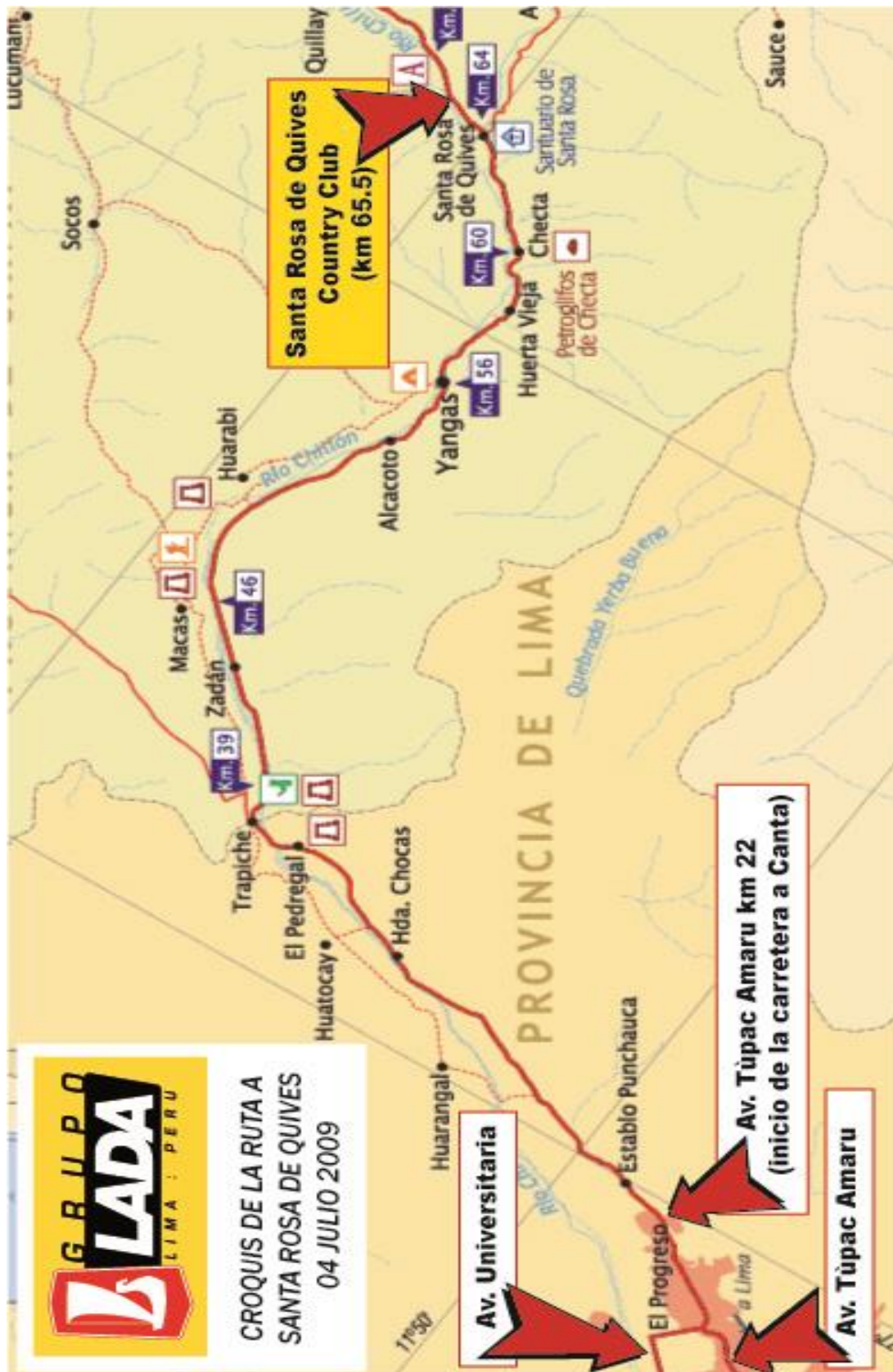
Ensayo de proctor modificado



Muestra de Suelo Natural de Yangas



Material de CBR enrazado





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*P. MIREZ ZEVALLOS, José César*

INFORME TITULADO:

*ANÁLISIS DEL TERRENO NATURAL APLICANDO MATERIA DE  
GEOTECNIA. MEJORANDO SU RESISTENCIA PARA LA BASE  
GRANDE DE LA CARRETERA DE YANCA - Lima 2017*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA:

*03/07/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*15 (Quince)*



*Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil*



 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE          ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, **CÓRDOVA SALCEDO, Felimón Domingo**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

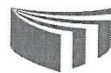
**“Análisis del terreno natural aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas - 2017”**, del (de la) estudiante **Ramírez Zevallos José César**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **21%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima 03 de Julio del 2018

  
 .....  
 Firma  
 Mg. CÓRDOVA SALCEDO, Felimón Domingo  
 DNI: ..... **16647031** .....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Ramírez Zevallos José César

D.N.I. : 70572841

Domicilio : Inca Garcilaso de la Vega N°145 S.A

Teléfono : Fijo : 016782733 Móvil : 916057715

E-mail : jose.ra.ze.jr@gmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

☒ Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Civil

Carrera : Ingeniería Civil

Título : Ingeniero Civil

☐ Tesis de Post Grado

☐ Maestría

Grado : .....

Mención : .....

☐ Doctorado

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Ramírez Zevallos José César

Título de la tesis:

Análisis del terreno natural aplicando material geosintético mejorando su resistencia para la base granular de la carretera de Yangas - Lima, 2017

Año de publicación : 2019

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha :

11/02/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis del terreno natural aplicando material geosintético mejorando su  
resistencia para la base granular de la carretera de Yungas - Lima 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Ramírez Zevallos, José César

ASESOR:

Mg Córdova Salcedo Felimon

LINEA DE INVESTIGACION:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA - PERU

Año 2017



## Resumen de coincidencias

21 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

## Coincidencias

21	1	repositorio ucv.edu.pe	7 %
		Fuente de Internet	
	2	docplayer.es	1 %
		Fuente de Internet	
	3	www.scribd.com	1 %
		Fuente de Internet	
	4	es.slidehare.net	1 %
		Fuente de Internet	
	5	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	6	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	7	Entregado a Universidad...	1 %
		Trabajo del estudiante	
	8	repositorio unpg.edu.pe	<1 %
		Fuente de Internet	
	9	Entregado a Pontificia...	<1 %
		Trabajo del estudiante	
	10	repositorio unap.edu.pe	<1 %
		Fuente de Internet	
	11	devinfo.info	<1 %
		Fuente de Internet	